ELECTRONIQUE PRATIQUE
384

ELECTRONIQUE PRATIQUE

JUILLET - AOÛT 2013 ■ www.electroniquepratique.com ■ 6,00 €

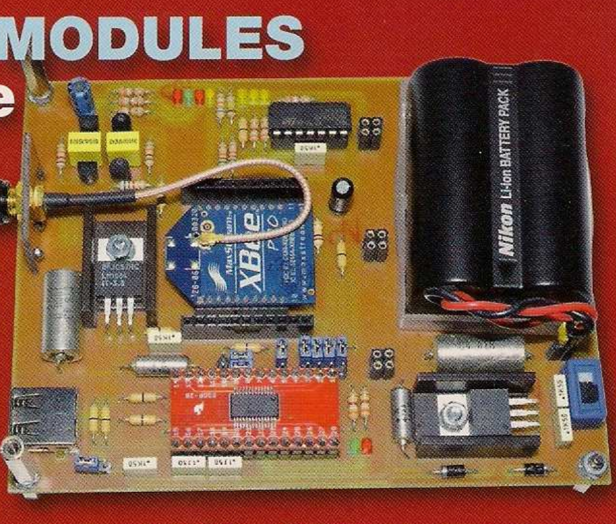
IMPÉDANCEMÈTRE

IMPEDANCE (Ω)
04.0
Level
1kHz Int
Ext
Range
2k
200
20
ON
NovoTone
DUT

Mesure de l'impédance des haut-parleurs

ORGUE
programmable

LES MODULES
XBee

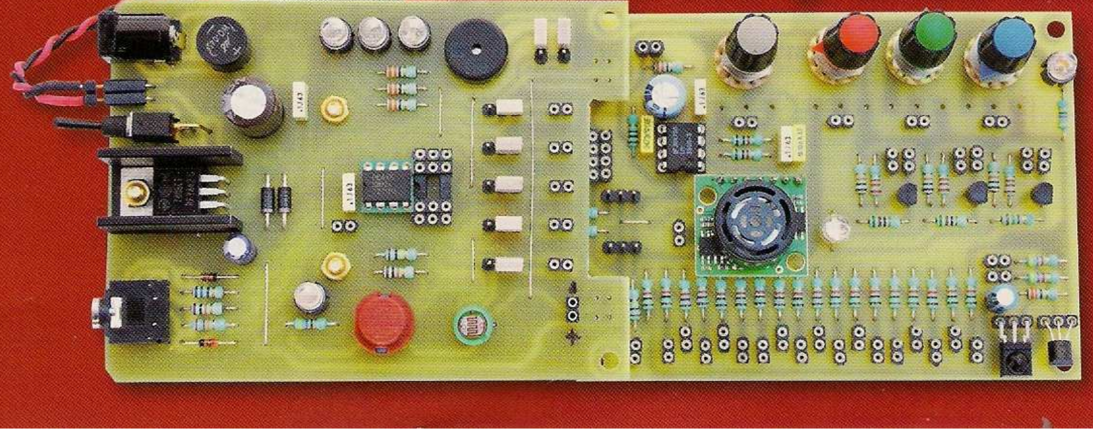

XBee
Nikon Li-ion BATTERY PACK

WATTMÈTRE AUDIO
0,2 W à 100 W

RÉPÉTITEUR
d'appels téléphoniques

INTERRUPTEUR
à détection d'approche

LE PICAXE 08 M2
Petit, mais puissant comme les grands !...



• FRANCE : 6,00 € • DOM AVION : 7,40 € • DOM SURFACE : 6,80 € • TOM/S : 900 CFP • PORTUGAL CONT. : 6,90 € • BELGIQUE : 6,50 € • ESPAGNE : 6,90 € • GRÈCE : 6,90 € • ITALIE : 6,80 € • MAROC : 66 MAD • TUNISIE : 9,50 TND • CANADA : 9,75 $CAD

L 14377 - 384 - F: 6,00 € - RD

ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 384 - JUILLET - AOÛT 2013

Initiation

8 Applications avec le PICAXE 08M2. Tout petit, mais puissant comme les grands !... (1ère partie)

Micro/Robot

18 Utilisation des modules XBee

Loisirs

36 Orgue programmable (1ère partie)

Domotique

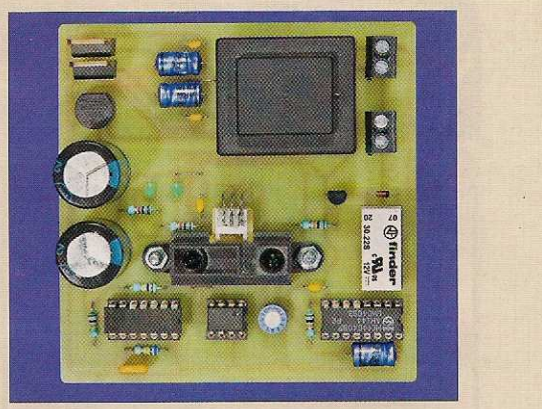
46 Interrupteur à détection d'approche
51 Répétiteur d'appels téléphoniques

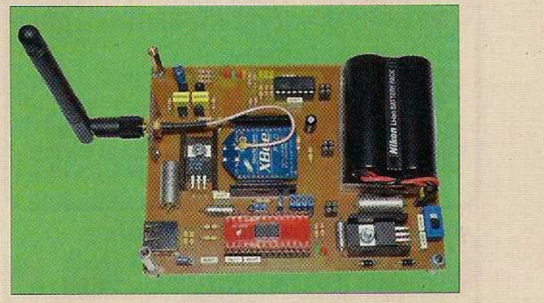
Audio

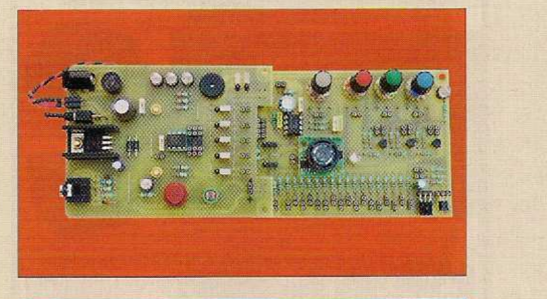
59 Wattmètre audio de 0,2 W à 100 W
60 Impédancemètre. Mesure de l'impédance des haut-parleurs

Divers

6 Bulletin d'abonnement
17 CD «Picaxe à tout faire»
34 Vente des anciens numéros
35 CD «Année 2011»
49 CD «Et si vous réalisiez votre ampli à tubes»
50 CD «14 robots accessibles à tous»
57 CD «Et si vous réalisiez votre chaîne hi-fi à tubes...»
58 CD «Année 2010»
66 Petites annonces







IMPEDANCE (Ω)
0.40
Level
Range

Fondateur : Jean-Pierre Ventillard - **TRANSOCEANIC SAS** au capital de 170 000 € - 3, boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80 - Fax : 01 44 65 80 90 - redacep@fr.oleane.com
Internet : *http://www.electroniquepratique.com* - **Président et Directeur de la publication** : Eric Le Minor - **Directeur de la rédaction** : Patrick Vercher
Secrétaire de rédaction : Fernanda Martins - **Couverture** : Fernanda Martins - **Photographe :** Antonio Delfim
Avec la participation de : R. Knoerr, P. Oguic, Y. Mergy, J.L. Vandersleyen

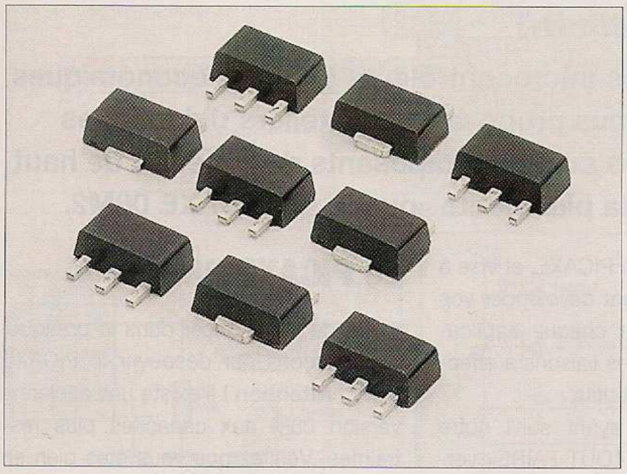
La Rédaction d'Electronique Pratique décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engageant que leurs auteurs.

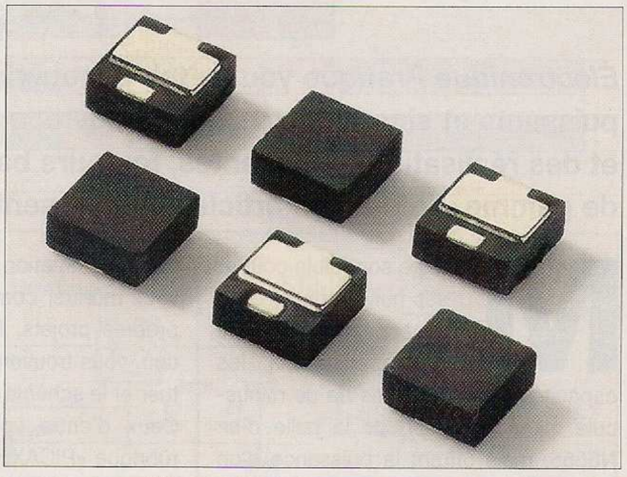
DIFFUSION/VENTES : ALIX CONSEIL PRESSE Tél. : 01 64 66 16 39 - **COMPTABILITÉ** : Véronique Laprie-Béroud - **PUBLICITÉ** : À la revue, e-mail : pubep@fr.oleane.com
I.S.S.N. 0243 4911 - **N° Commission paritaire** : 0914 T 85322 - **Distribution** : MLP - **Imprimé en France/Printed in France**
Imprimerie : Imprimerie de Compiègne, ZAC de Mercières, BP 60524, 60205 Compiègne Cedex - DEPOT LEGAL : **JUILLET - AOÛT 2013** - Copyright © 2013 - **TRANSOCEANIC**
ABONNEMENTS : EVERIAL CRM, 123 Rue Jules Guesde, CS 70029, 92309 Levallois Perret Cedex - Tél. : 01 44 84 80 26 - Fax : 01 42 00 56 92. - Préciser sur l'enveloppe «Service Abonnements»
ATTENTION ! Si vous êtes déjà abonné, vous faciliterez notre tâche en joignant à votre règlement soit l'une de vos dernières bandes-adresses, soit le relevé des indications qui y figurent.
Abonnements USA - Canada : Contacter **Express Mag** - *www.expressmag.com* - *expressmag@expressmag.com* - Tarif abonnement USA-Canada : 60 €
TARIFS AU NUMÉRO : France Métropolitaine : 6,00 € • DOM Avion : 7,40 €• DOM Surface : 6,80 € • TOM/S : 900 CFP • Portugal continental : 6,90 €
Belgique : 6,50 € • Espagne : 6,90 € • Grèce 6,90 € • Italie : 6,80 € • Maroc : 66 MAD • Tunisie : 9,50 Tnd • Canada : 9,75 $CAD

© La reproduction et l'utilisation même partielle de tout article (communications techniques ou documentation) extrait de la revue *Electronique Pratique* sont rigoureusement interdites, ainsi que tout procédé de reproduction mécanique, graphique, chimique, optique, photographique, cinématographique ou électronique, photostat tirage, photographie, microfilm, etc. Toute demande à autorisation pour reproduction, quel que soit le procédé, doit être adressée à la société TRANSOCEANIC.

Le PLED5 Open LED

pour un éclairage LED extérieur sûr





Des LED à haute luminosité sont à présent utilisées dans de nombreuses applications différentes d'éclairage comme les panneaux d'affichage extérieurs, les feux de circulation ainsi que l'éclairage des rues, des tunnels ou des pistes d'aéroport. Bien que l'éclairage LED présente de nombreux avantages, dont une durée de vie optimale et une efficacité élevée, les applications d'éclairage LED extérieur requièrent une attention particulière en matière de protection en raison des conditions environnementales et de la sensibilité accrue des circuits de LED. Les ingénieurs qui conçoivent les produits d'éclairage doivent s'assurer de leur fiabilité, notamment dans les applications où la maintenance est difficile et où une panne de faisceaux LED pourrait compromettre la sécurité.

Littelfuse, leader mondial en matière de protection de circuits, propose des dispositifs de protection de surintensité destinés à être intégrés dans les circuits électriques et permettant également d'accroître la fiabilité de fonctionnement de ces derniers. Le dispositif de protection PLED5 Open LED augmente la fiabilité de l'éclairage LED grâce à trois procédés :

1) Si l'une des LED dans la rangée tombe en panne à l'état ouvert, ce dispositif prévoit une voie électronique de remplacement pour que le faisceau continue de fonctionner.

2) Il protège contre les événements ESD jusqu'à ± 8 kV pour les décharges de contact et ± 15 kV pour les décharges dans l'air, conformément à la norme IEC 61000-4-2 relative à l'immunité aux décharges électrostatiques.

3) Il fournit une protection en cas d'inversion accidentelle de polarité de batterie ou de raccordement électrique.

Caractéristiques et avantages :

- Protection inversion batterie/alimentation électrique
- ESD, IEC 61000-4-2, ±8kV contact, ±15 kV air
- By-pass LED ouverte jusqu'à 500 mA
- Changement rapide
- Réinitialisations après cycle d'alimentation
- Faible tension de commutation/déclenchement
- Idéal pour lampes de type MR16, PAR

La gamme complète des produits de protection de circuits Littelfuse peut être consultée sur le site :
www.littelfuse.com

Spécialiste prototypes & petites séries

EURO CIRCUITS

PCB proto	prototypes Double Face & 4 couches
STANDARD pool	jusqu'à 8 couches avec nombreuses options
Nouveau TECH pool	tracés cuivre jusqu'à 100µm en pooling
Nouveau IMS pool	circuits semelle aluminium en pooling
On demand	toutes options jusqu'à 16 couches

Tous services

- Calcul de prix et commandes instantanés
- Pas de frais d'outillages
- Pas de minimum de commande
- Pas de paiement en ligne
- Délais à partir de 2 jours ouvrés
- Pochoirs pâte à braser

www.eurocircuits.fr

Renseignements au +33 (0)3 86 87 07 85 - Courriel euro@eurocircuits.com
Fabricant Européen de circuits imprimés professionnels

Applications avec le PICAXE 08M2

Tout petit, mais puissant comme les grands !...

(1ère partie)

Électronique Pratique vous a fait découvrir les microcontrôleurs PICAXE, économiques, puissants et simples à mettre en œuvre, en vous proposant des ateliers didactiques et des réalisations attrayantes, toujours basés sur les composants de milieu et de haut de gamme. Le présent article vous présente la plus petite «puce» : le PICAXE 08M2.

Malgré son faible coût et ses huit broches, vous allez découvrir, au fil des applications, les capacités insoupçonnées de ce minuscule microcontrôleur, de la taille d'un NE555, mais offrant la puissance d'un GRAND. Il lui manque la parole !...

Comme toujours, vous n'aurez aucune difficulté d'approvisionnement, car nous avons sélectionné les composants auprès de nos annonceurs.

Nous avons développé une petite platine de base permettant de mener à bien sa programmation et de nombreuses expérimentations, sans câblages supplémentaires. De plus, celle-ci assure une parfaite compatibilité avec le kit de base AXE092, dont le fonctionnement peut être simulé dans le logiciel gratuit «PICAXE Programming Editor». Vous pourrez, ainsi, commander des leds, gérer une touche, une LDR, un buzzer, etc. La platine de base est munie d'une alimentation par piles, ou stabilisée à partir d'un simple bloc «secteur». Afin d'élargir au maximum le champ d'applications, nous avons conçu un circuit supportant de nombreux périphériques sophistiqués (sonde de température de précision, capteur infrarouge pour télécommande, capteur de distance ultrasonique, potentiomètres, amplificateur BF, etc. Les liaisons minimales entre les deux platines s'effectuent à l'aide de fils fins, rigides, sur des connecteurs de type «tulipe». La conception physique permet l'embrochage et la transmission de l'alimentation sur une plaque d'essais sans soudages (breadboard). Le PICAXE 14M2 offrant une compatibilité de broches d'alimentation et de programmation avec le PICAXE 08M2, nous avons prévu la possibilité d'insérer ce grand frère sur la platine de base.

Cet article vous dévoile toutes les facettes du PICAXE 08M2, vous initie à la programmation des PICAXE, et vise à vous montrer comment développer vos propres projets. Pour chaque application, vous trouverez les liaisons à effectuer et le schéma réel utile.

Ceux d'entre vous ayant suivi notre rubrique «PICAXE A TOUT FAIRE» verront dans cet article un complément du cours. Nous n'oublions pas nos autres lecteurs, ils trouveront toujours à la vente, dans le magazine, le CD-ROM regroupant l'intégralité du cours, les ateliers pratiques, les codes sources et les programmes nécessaires.

Caractéristiques

- Platine de base simple à mettre en œuvre.
- Alimentation de sécurité par trois piles de 1,5 V, ou par bloc «secteur».
- Toutes les lignes du PICAXE sont accessibles au bord de la platine.
- Configuration par cavaliers entre une utilisation interne ou externe.
- Compatibilité avec le kit AXE092.
- Possibilité d'insérer un PICAXE 08M2 ou un PICAXE 14M2.
- Programmation en Basic, sans programmateur spécifique.
- Buzzer, touche, LDR et trois leds sur la platine de base.
- Nombreux périphériques sur la platine d'extension : (deux servomoteurs, led RVB et sa commande, trois potentiomètres, capteur de distance ultrasonique, capteur infrarouge pour télécommande, sonde de température de précision, diviseur de tension résistif à dix sept pas (1 octave et demie, amplificateur BF à niveau réglable)
- Liaisons entre les deux platines par des fils fins, rigides, sur des connecteurs «tulipe».
- Insertion aisée (alimentation) sur une plaque d'essais, sans soudages (breadboard).

Le PICAXE 08M2

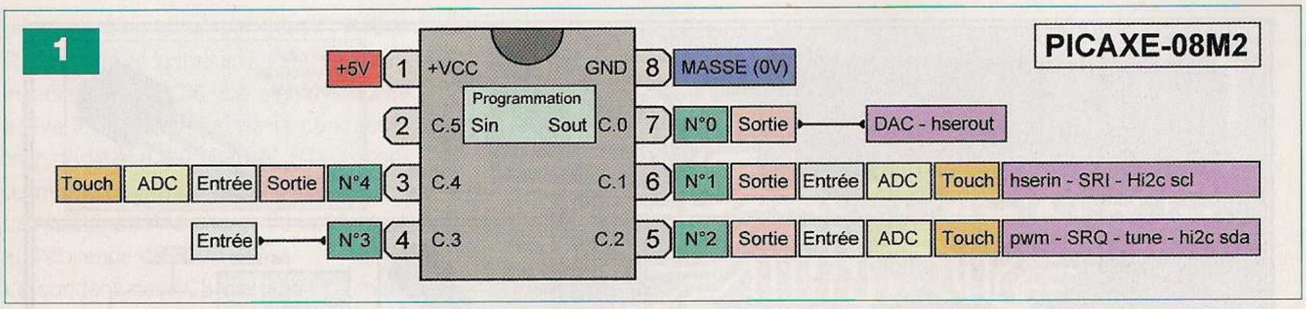
Avant de nous lancer dans la pratique, commençons par découvrir le PICAXE 08M2. **Attention !** Il existe une ancienne version 08M aux capacités plus restreintes, Vérifiez que vous êtes bien en possession d'un 08M2.

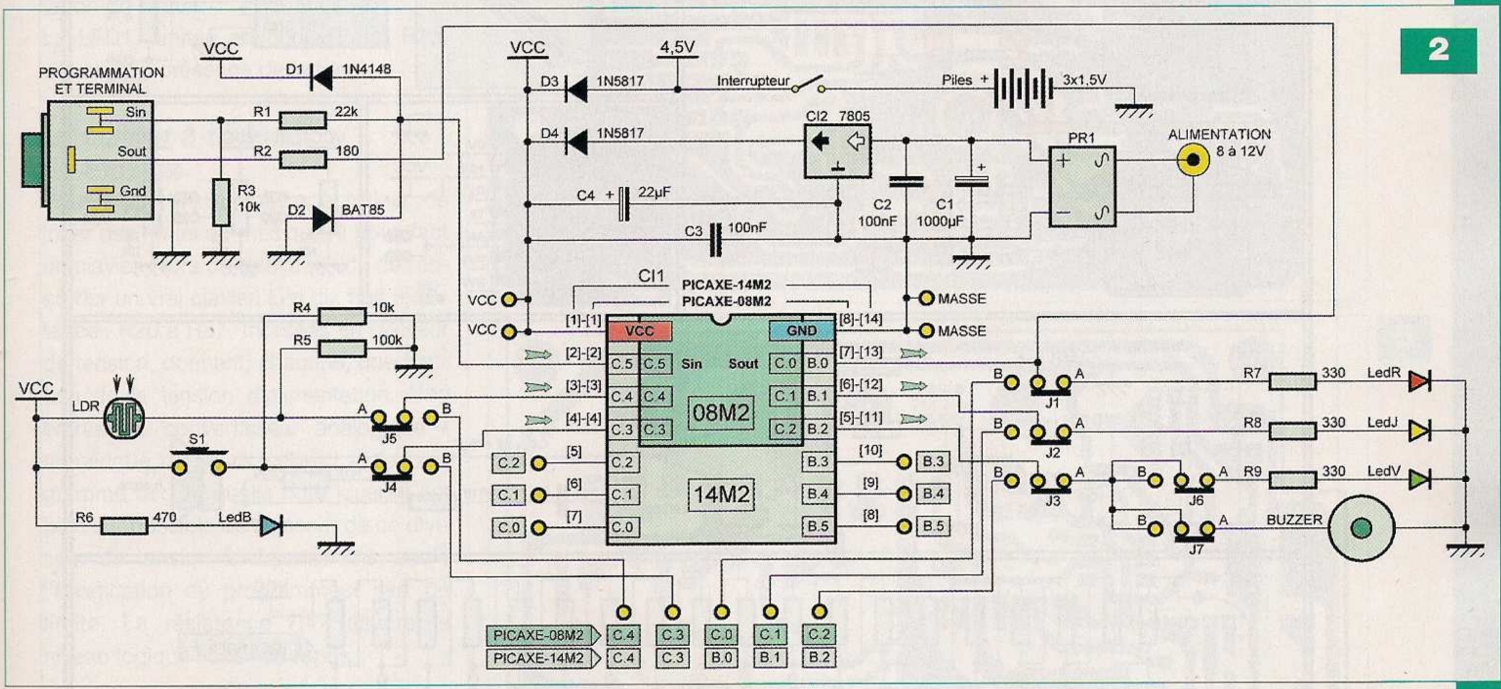
La **figure 1** montre son brochage et les fonctions de chaque broche. Les n°1 et n°8 ne servent qu'à l'alimentation, la n°2 et la n°7 se chargent de la programmation. De nombreuses possibilités sont attribuées aux lignes 3 à 7. La n°7 doit, impérativement, fonctionner en «sortie» et la n°3 ne peut être configurée qu'en «entrée». Chaque ligne ayant des spécificités bien particulières, il faut bien choisir celle qui convient en fonction de la tâche que vous voulez faire exécuter au microcontrôleur : entrée ou sortie numérique ou analogique, communication «sérielle» ou «I2C», touche à effleurement (touch), commande en largeur d'impulsion variable (PWM), interruption matérielle, etc.

S'il s'agit de votre première approche d'un microcontrôleur PICAXE, tout ceci va vous sembler peut-être quel que peu déroutant, ne vous découragez pas, cet article va vous guider et vous apprendre à maîtriser la «puce» très facilement, en exécutant notre série d'applications simples.

Schéma de principe

Intéressons-nous, maintenant, à la construction de nos platines. Notre réalisation comportant deux circuits, nous l'avons scindée en deux schémas. Le premier représente la plaque de base, se suffisant à elle-même ; elle intègre les composants de programmation et d'alimentation. Le second montre la platine des périphériques permettant d'élaborer des applications plus sophistiquées.


1
PICAXE-08M2
+5V
1
+VCC
GND
8
MASSE (0V)
Programmation
2
C.5
Sin
Sout
C.0
7
N°0
Sortie
DAC - hserout
Touch
ADC
Entrée
Sortie
N°4
3
C.4
C.1
6
N°1
Sortie
Entrée
ADC
Touch
hserin - SRI - Hi2c scl
Entrée
N°3
4
C.3
C.2
5
N°2
Sortie
Entrée
ADC
Touch
pwm - SRQ - tune - hi2c sda


2
PROGRAMMATION ET TERMINAL
Sin
Sout
Gnd
VCC
D1
1N4148
R1
22k
R2
180
R3
10k
D2
BAT85
VCC
4,5V
D3
1N5817
Interrupteur
Piles +
3x1,5V
D4
1N5817
CI2 7805
PR1
ALIMENTATION
8 à 12V
C4 +
22µF
C2
100nF
C1
1000µF
C3
100nF
CI1
PICAXE-14M2
PICAXE-08M2
VCC
VCC
MASSE
MASSE
R4
10k
R5
100k
VCC
LDR
S1
A
B
J5
J4
R6
470
LedB
[1]-[1]
[2]-[2]
[3]-[3]
[4]-[4]
[5]
[6]
[7]
VCC
GND
C.5
Sin
Sout
C.0
B.0
C.4
C.1
B.1
C.3
08M2
C.2
B.2
14M2
B.3
B.4
B.5
[8]-[14]
[7]-[13]
[6]-[12]
[5]-[11]
[10]
[9]
[8]
J1
J2
J3
J6
J7
R7
330
LedR
R8
330
LedJ
R9
330
LedV
BUZZER
PICAXE-08M2
PICAXE-14M2
C.4
C.3
C.0
C.1
C.2
C.4
C.3
B.0
B.1
B.2

La platine de base

L'alimentation provient, soit de trois piles de type «LR6» de 1,5 V, soit d'un bloc «secteur» (**figure 2**). Dans ce dernier cas, par sécurité, la tension est redressée par le pont PR1, filtrée par les condensateurs C1 et C2, puis stabilisée à +5 V par le régulateur CI2. Qu'elle soit issue des piles ou du bloc «secteur», la tension passe par les diodes «anti-retour» D3 et D4 (des 1N5817, très courantes et ne présentant que 0,3V de chute de tension). Cette précaution s'avère utile si les deux sources sont utilisées simultanément. Le condensateur C4 effectue un dernier filtrage et C3 découple l'alimentation au plus près du microcontrôleur CI1.

La « ledB », limitée en courant par la résistance R6, visualise la présence de cette tension.

N'employez pas des batteries rechargeables. Ces dernières sont plus dangereuses lors des manipulations et offrent une tension inférieure (1,2 V par élément au lieu de 1,5 V).

Comme précisé précédemment, nous tirons parti de la compatibilité des broches du PICAXE 08M2 et du PICAXE 14M2 pour implanter l'un **OU** l'autre des microcontrôleurs. Notre article ne porte que sur le plus petit. Libre à vous d'expérimenter avec le plus grand, quand vous volerez de vos propres ailes !

La programmation bidirectionnelle, via l'embase femelle «jack 3,5» traditionnelle, est confiée aux résistances R1 à R3 et aux diodes D1 et D2. Ces composants permettent, également, la communication «sérielle» avec le terminal de l'ordinateur conjointement avec l'instruction Basic «**sertxd**», mais nous verrons cela avec la programmation. La société PICAXE a développé AXE092, un kit didactique avec lequel notre platine de base est entièrement compatible, celui-ci peut même être simulé par le logiciel «PICAXE Programming Editor».

Afin de travailler avec la base seule ou en association avec la carte de périphériques, toutes les lignes utiles du PICAXE 08M2 aboutissent sur les connecteurs externes, ou aux fonctions dédiées sur la platine de base. Ces choix se matérialisent au moyen des cavaliers de configurations J1 à J5 et J6, J7.

Les LedR, LedJ et LedV, limitées en courant par les résistances R7 à R9, peuvent respectivement se raccorder aux lignes C.0, C.1 et C.2 du PICAXE 08M2 configurées, dans ce cas, en «sorties». La ligne C.2 commande également le buzzer piézo. L'état logique de la touche S1 et le niveau d'éclairement de la cellule LDR doivent être lus par les lignes C.3 et C.4, configurées en «entrées».

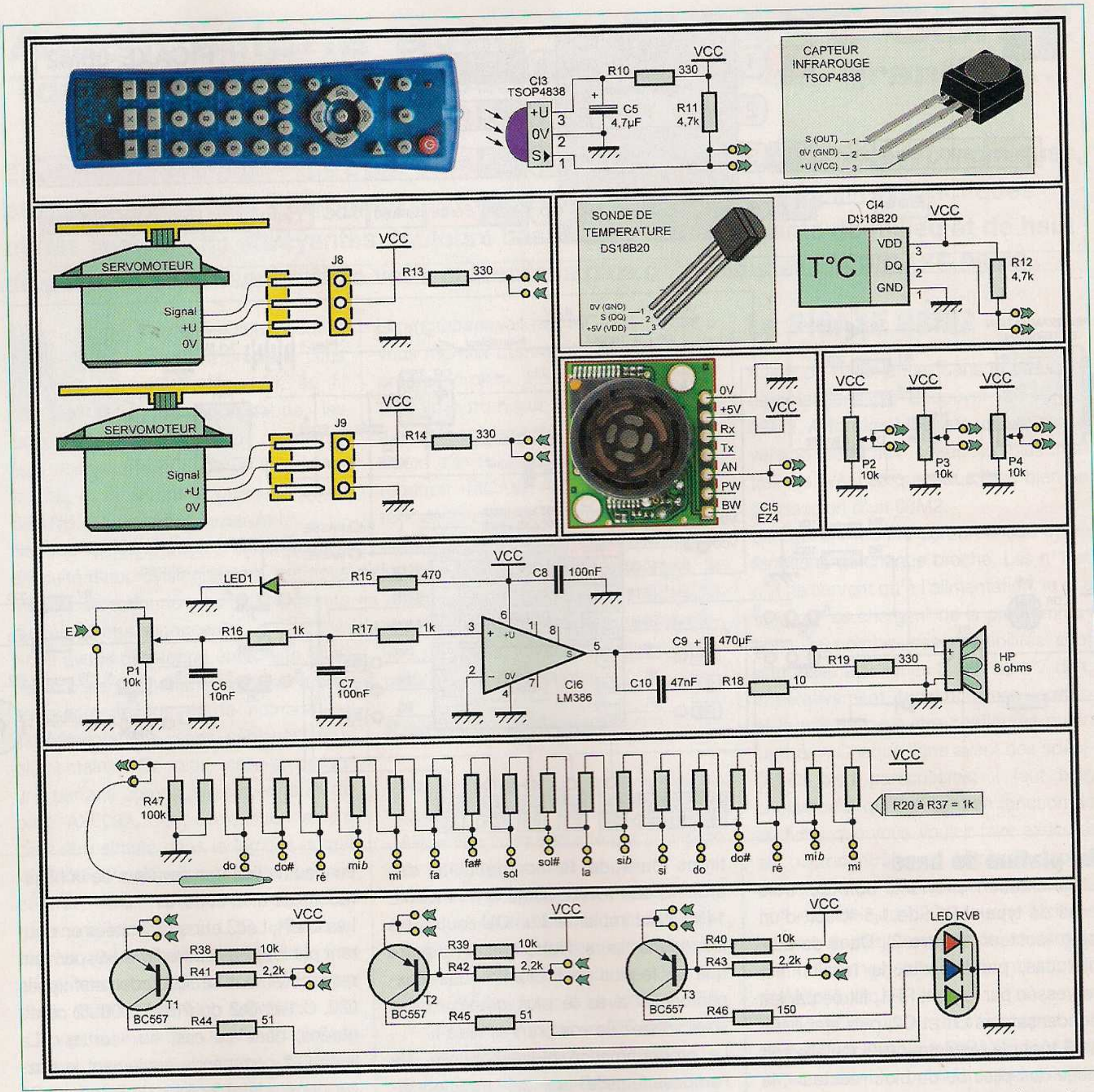
La platine des périphériques

Ici, nous n'avons pas affaire à un seul schéma, mais à plusieurs totalement indépendants, hormis les alimentations, assurant chacun une fonction précise (**figure 3**).

Le récepteur infrarouge

Le langage Basic des PICAXE s'accorde parfaitement avec le capteur TSOP4838 qui reçoit les informations d'une télécommande au format «Sony» TV, avec l'instruction «**irin**». Il nécessite peu de composants pour accomplir cette tâche.

3


CI3
TSOP4838
+U
0V
S
3
2
1
C5
4,7µF
R10
330
VCC
R11
4,7k
CAPTEUR
INFRAROUGE
TSOP4838
S (OUT) — 1
0V (GND) — 2
+U (VCC) — 3
SERVOMOTEUR
Signal
+U
0V
J8
VCC
R13
330
SERVOMOTEUR
Signal
+U
0V
J9
VCC
R14
330
SONDE DE
TEMPERATURE
DS18B20
0V (GND) — 1
S (DQ) — 2
+5V (VDD) — 3
CI4
DS18B20
VCC
T°C
VDD
DQ
GND
3
2
1
R12
4,7k
0V
+5V
Rx
Tx
AN
PW
BW
VCC
CI5
EZ4
VCC
VCC
VCC
P2
10k
P3
10k
P4
10k
LED1
R15
470
VCC
C8
100nF
E
P1
10k
R16
1k
R17
1k
C6
10nF
C7
100nF
3
2
6
1
8
5
7
4
+U
0V
S
CI6
LM386
C9
470µF
C10
47nF
R18
10
R19
330
HP
8 ohms
VCC
R47
100k
R20 à R37 = 1k
do
do#
ré
mib
mi
fa
fa#
sol
sol#
la
sib
si
do
do#
ré
mib
mi
VCC
R38
10k
R41
2,2k
T1
BC557
R44
51
VCC
R39
10k
R42
2,2k
T2
BC557
R45
51
VCC
R40
10k
R43
2,2k
T3
BC557
R46
150
LED RVB

La résistance R10 et le condensateur C5 découplent son alimentation.

La résistance R11 assure un niveau logique positif au repos.

La sortie se relie à une entrée numérique du µC.

Les servomoteurs

Seule une résistance de protection (R13 ou R14) est requise pour commander un servomoteur de modélisme, avec l'instruction Basic «**servo**».

Notez le standard des connecteurs : le pôle positif étant au centre, en cas d'inversion, le fonctionnement n'est pas assuré, mais vous ne détruisez rien.

Le signal de commande est fourni par une sortie numérique du µC.

La sonde de température

Ici aussi, le langage Basic impose ce choix judicieux. Il s'agit d'un composant «1-Wire» (1 fil) de la société Dallas.

La sonde de précision DS18B20 s'accommode d'une simple résistance (R12) assurant l'état logique «haut» au repos pour fonctionner.

L'instruction Basic «**readtemp**» donne directement la température positive, arrondie à l'entier. La sortie se relie à une entrée numérique du µC.

Le capteur ultrasonique

Nous avions le choix entre plusieurs modèles et avons opté pour un composant de précision : le LV-MaxSonar EZ4 à rayon étroit et à longue distance. Il ne nécessite que son alimentation et s raccorde à une entrée du convertisseu analogique / numérique du µC.

Les potentiomètres

Il n'y a pas grand-chose à dire sur ce composants. Le curseur recueille un partie de la tension d'alimentation, pou la lire via une entrée du convertisseu analogique / numérique du µC.

L'amplificateur BF

Nous avons choisi un circuit intégré trè connu de nos lecteurs : le LM386, po fournir une puissance sonore suffisant Le signal issu du PICAXE est limité p le potentiomètre de volume P1, puis s forme abrupte est sommairement arro die par le filtre formé par C6, C7, R16 et R17, avant de parvenir à l'entrée «non-inverseuse» de CI6. Le signal amplifié active le haut-parleur via le condensateur de liaison C9. C10 et R18 constituent une cellule de «Boucherot».

La résistance R19 charge l'amplificateur en l'absence de HP.

Le condensateur C8 découple l'alimentation du circuit.

La LED1, limitée en courant par R15, visualise la présence de la tension.

Le clavier à diviseur de tension

Pour permettre au microcontrôleur de jouer des notes de musique, il nous faut un clavier. Hors de question, ici, de raccorder un vrai clavier. Les dix huit résistances R20 à R37, montées en diviseur de tension, donnent, chacune, une fraction de la tension d'alimentation. Une entrée du convertisseur analogique / numérique du µC lit celle-ci et le programme décide quelle note jouer. Il est bien sûr possible de se servir de ce diviseur de tension à d'autres fins, seule l'imagination du programmeur sert de limite. La résistance R47 assure le niveau logique «bas» au repos.

La led RVB à trois couleurs de base

Cette led s'illumine en rouge, vert ou bleu, mais peut prendre n'importe quelle autre teinte par combinaison de ces trois dernières. Chaque couleur de base correspond à une led, les trois étant intégrées dans un boîtier «cristal».

Nous avons fait appel à trois étages identiques à transistors PNP, hormis les résistances de limitations en courant.

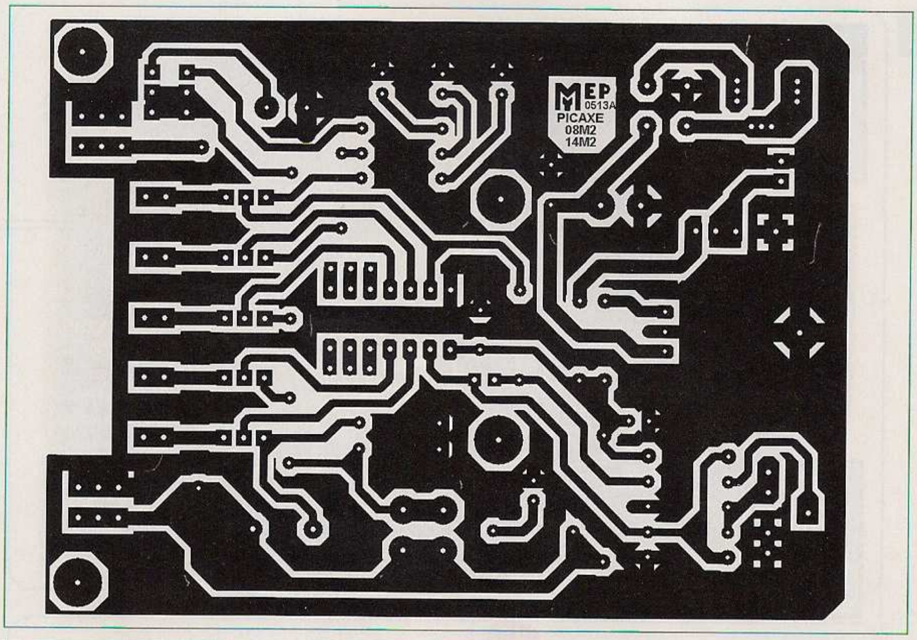
Les émetteurs peuvent être raccordés, ensemble ou séparément, au +5 V ou à une sortie numérique du µC.

Les signaux des bases proviennent de sorties numériques du µC.

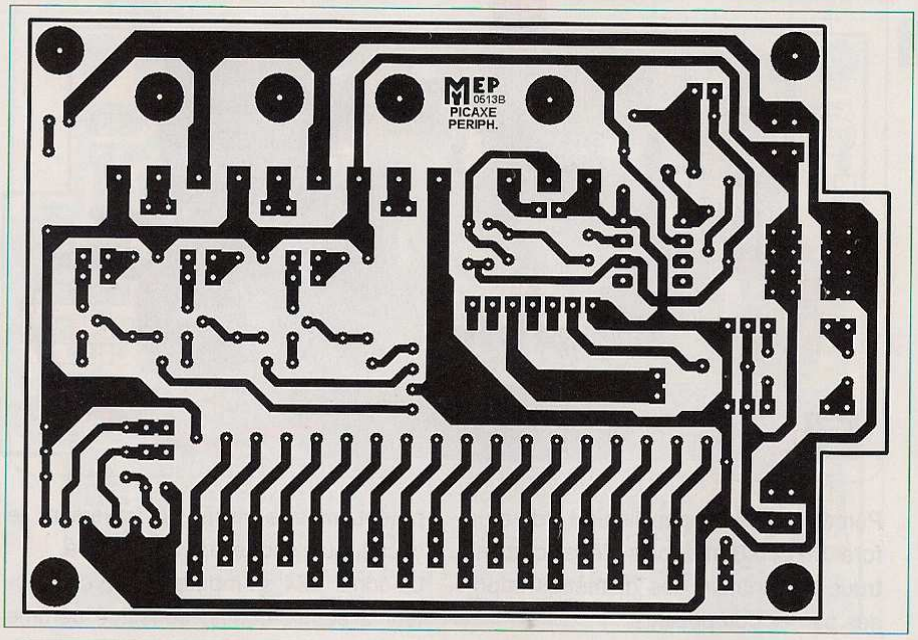
Réalisation

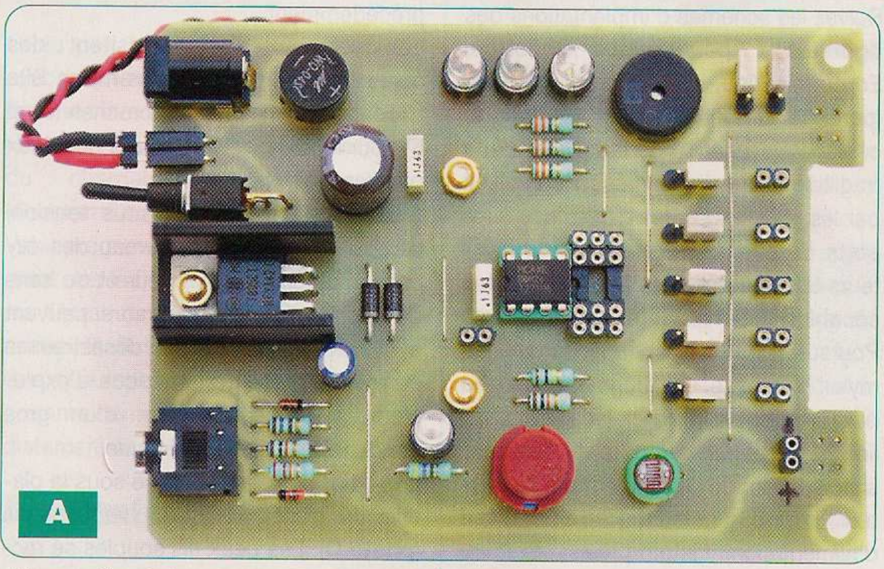
La réalisation tient sur deux platines de dimensions identiques, mais de formes différentes (**photos A et B**). Les dessins des typons, en simple face, sont donnés aux **figures 4 et 5**. Procurez-vous les composants, afin d'être sûrs de leur encombrement. Gravez les circuits imprimés selon la méthode photographique, afin d'obtenir un travail parfait. Effectuez les découpes des plaques à l'aide d'une scie à métaux à petite denture et de trous sécants rapprochés. Ébavurez à la lime douce et au papier de verre pour obtenir une finition parfaite.

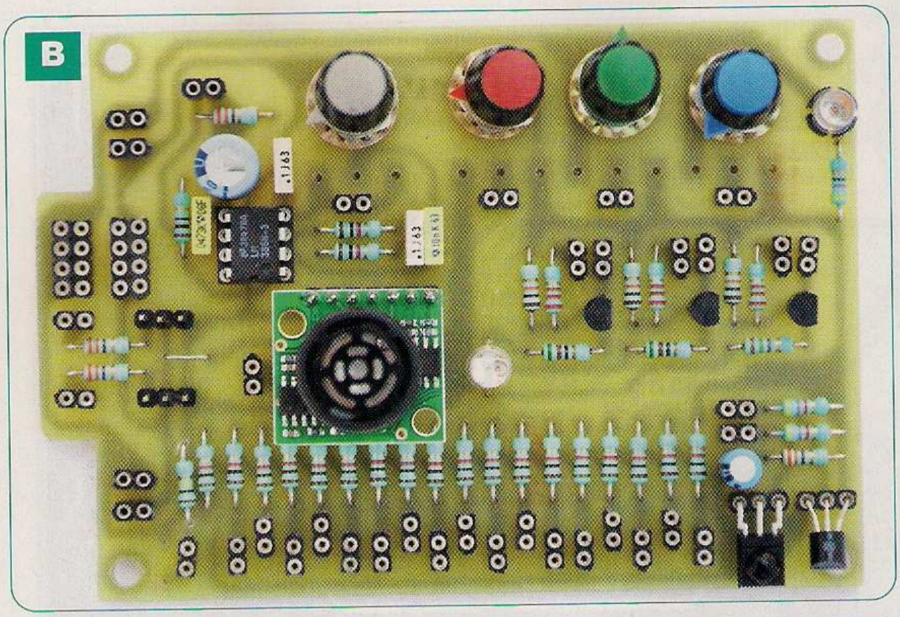
4

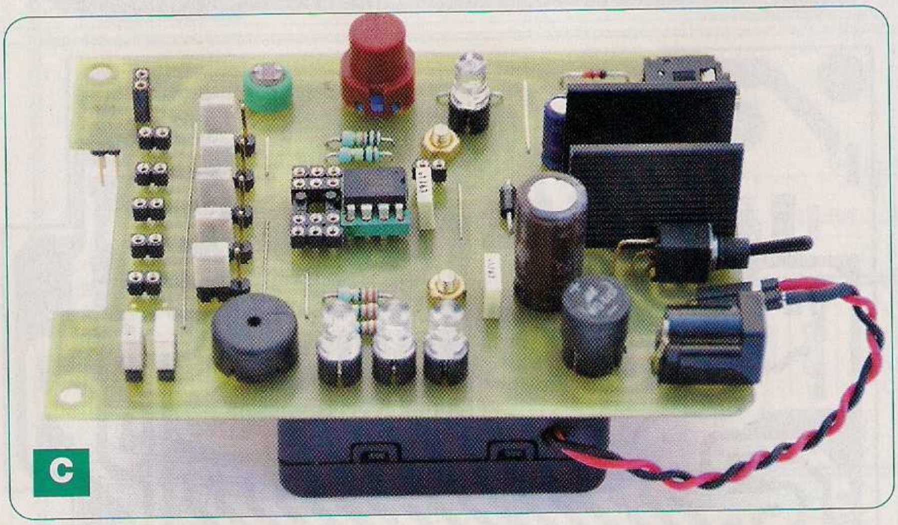


5




A





Nomenclature

- **Résistances 5% 1/2 W**

R1 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
R2 : 180 Ω (marron, gris, marron)
R3, R4, R38, R39, R40 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R5, R47 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R6, R15 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
R7 à R10, R13, R14, R19 : 330 Ω (orange, orange, marron)
R11, R12 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
R16, R17, R20 à R37 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R18 : 10 Ω (marron, noir, noir)
R41, R42, R43 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
R44, R45 : 51 Ω (vert, marron, noir)
R46 : 150 Ω (marron, vert, marron)

- **Potentiomètres**

P1 à P4 : 10 kΩ, linéaire, type P11, à piste Cermet, axe de 4 mm

- **Condensateurs**

C1 : 1 000 µF / 25 V
C2, C3, C7, C8 : 100 nF (Mylar LCC)
C4 : 22 µF / 63 V
C5 : 4,7 µF / 63 V
C6 : 10 nF (Mylar LCC)
C9 : 470 µF / 10 V
C10 : 47 nF (Mylar LCC)

- **Semiconducteurs**

CI1 : PICAXE-08M2 (Gotronic)
CI2 : LM7805 (St Quentin Radio, Gotronic, etc.)
CI3 : TSOP4838 (St Quentin Radio, Gotronic, etc.)
CI4 : DS18B20 (Gotronic)
CI5 : MaxSonar EZ4 (Gotronic)
CI6 : LM386-3 (St Quentin Radio, Gotronic, etc.)

Percez toutes les pastilles à l'aide d'un foret de Ø 0,8 mm, puis alésez certains trous en fonction des diamètres imposés par les composants.

Suivez les schémas d'implantations des **figures 6 et 7** pour effectuer le câblage. En premier lieu, soudez les sept straps (pont de liaison filaire) et effectuez le câblage en fonction de la taille et de la fragilité des composants. Poursuivez par les résistances, les diodes, les supports de circuits intégrés, les connecteurs constitués de broches de barrettes sécables de type «tulipe» femelles. Poursuivez avec les condensateurs au mylar, l'embase de programmation, le buzzer piézo, la LDR, les leds, les cavaliers de configuration J1 à J7, les transistors, la sonde de température, le capteur infrarouge, la touche, l'embase d'alimentation, l'interrupteur miniature, les condensateurs électrochimiques, le régulateur CI2 vissé contre son dissipateur thermique et, enfin, les quatre potentiomètres vissés et traversant le circuit, puis soudés du côté cuivré.

Le sonar EZ4 se monte sur un connecteur à sept broches, constitué comme précédemment.

Les servomoteurs nécessitent des connecteurs à trois broches mâles SIL. Utilisez le même type de broches (M et F) pour relier les alimentations des deux platines (voir photos).

Avant la première mise sous tension, vérifiez votre travail au niveau des circuits imprimés, de la valeur et du sens des composants. Les erreurs peuvent avoir des conséquences désastreuses et, même, présenter un risque d'explosion en cas d'inversion d'un gros condensateur électrochimique.

Le boîtier des piles se visse sous la platine de base, après les vérifications (**photo C**). Les deux fils souples se raccordent sur le connecteur, entre l'embase d'alimentation et l'interrupteur.

ATTENTION ! Le fait de regarder, directement, des leds illuminées à pleine puissance, peut provoquer des lésions sur la rétine.

Procédures générales de programmation

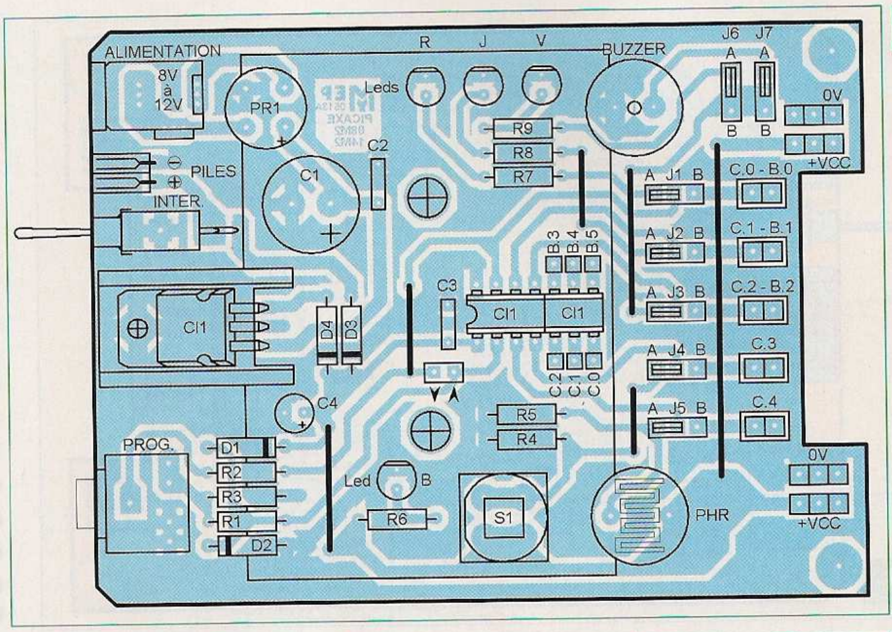
Téléchargez librement la dernière version du logiciel «**PICAXE Programming Editor**» sur le site du fabricant des PICAXE (voir fin d'article). Pour le franciser, il suffit d'ouvrir le sous-menu «Options» du menu «View», de sélectionner l'onglet «Language» et de cliquer sur «French» avant de valider par «Ok». Nous considérons qu'il est maintenant installé sur votre ordinateur.

Sur le site Internet du magazine, vous devez télécharger tous les programmes,

D1 : 1N4148
D2 : BAT85
D3, D4 : 1N5817
T1, T2, T3 : BC557B (St Quentin Radio, Gotronic, etc.)
Led1 : Ø 5 mm, verte, haute luminosité
LedR : Ø 5 mm, rouge, haute luminosité
LedB : Ø 5 mm, bleue, haute luminosité
LedV : Ø 5 mm, verte, haute luminosité
LedJ : Ø 5 mm, jaune, haute luminosité
Led-RVB : Ø 5 mm, led rouge, verte et bleue à 4 broches
Afficheur LCD : AXE133 (voir texte) (Gotronic)

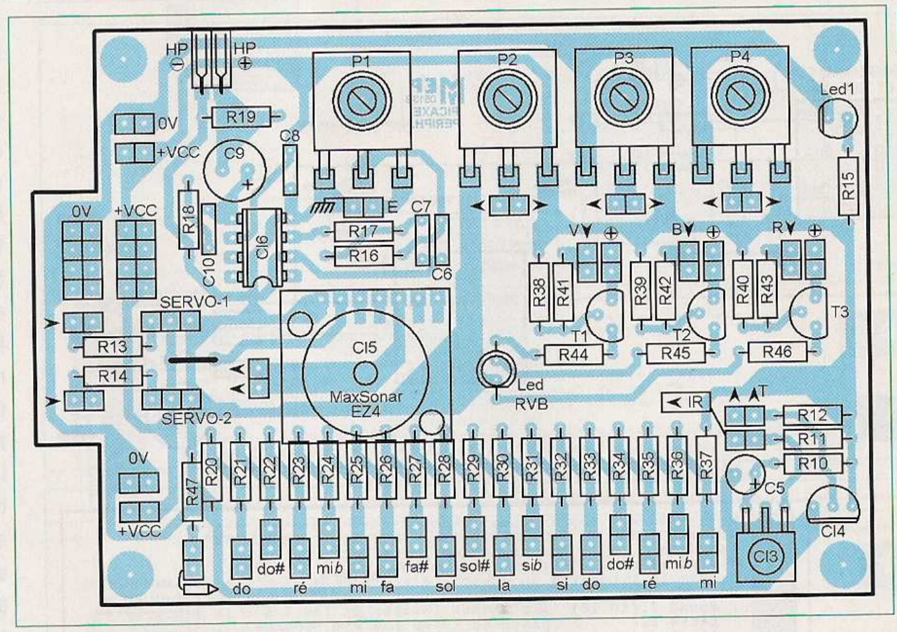
• Divers

2 supports de circuits intégrés à 8 broches
1 support de circuit intégré à 6 broches
1 embase de programmation pour PICAXE (jack stéréo 3,5, pour circuit imprimé)
S1 : touche type D6
1 haut-parleur 8 Ω, Ø 50 mm, 1 à 5 W
1 boîtier pour 3 piles LR6 (Gotronic)
4 boutons pour axe de 4 mm
1 photorésistance (St Quentin Radio, Gotronic, etc.)
1 embase femelle pour alimentation (diamètre 2,1 mm)
1 buzzer piézo (Ø 13 mm)
1 dissipateur type «ML26» pour TO220
1 ou 2 servomoteurs de modélisme
1 inverseur unipolaire miniature pour circuit imprimé
Barrettes sécables droites «SIL» mâles et femelles.
Barrettes sécables droites «Tulipe» mâles et femelles.
7 cavaliers de configuration
Visserie métal (vis, entretoises filetées, écrous et rondelles) Ø 3 mm



6

ALIMENTATION
8V à 12V
R
J
V
Leds
BUZZER
J6
J7
A
B
0V
+VCC
PR1
C2
R9
R8
R7
PILES
INTER
C1
A J1 B
A J2 B
A J3 B
A J4 B
A J5 B
C.0 - B.0
C.1 - B.1
C.2 - B.2
C.3
C.4
B.3
B.4
B.5
C3
CI1
D4
D3
C.2
C.1
C.0
C4
R5
R4
PROG.
D1
R2
R3
R1
D2
Led
B
R6
S1
PHR



7

HP ⊖
HP ⊕
P1
P2
P3
P4
Led1
R19
0V
+VCC
C9
C8
R18
CI6
C10
E
R17
R16
C7
C6
R15
V
B
R
R38
R41
R39
R42
R40
R43
T1
T2
T3
R44
R45
R46
SERVO-1
SERVO-2
R13
R14
CI5
MaxSonar EZ4
Led RVB
IR
T
R12
R11
R10
C5
CI4
CI3
R47
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
do
do#
ré
mi b
mi
fa
fa#
sol
sol#
la
si b
si
do
do#
ré
mi b
mi

en «Basic», destinés aux applications que nous avons développées pour cet article. Ils se nomment **«APBxx.BAS»** pour celles de base et **«APExx.BAS»** pour les expérimentations étendues. Les lecteurs n'ayant pas l'opportunité de se connecter à Internet peuvent obtenir nos fichiers en envoyant, à la rédaction, un CDROM sous enveloppe auto-adressée suffisamment affranchie.

La programmation s'effectue ensuite très simplement par le port USB de votre ordinateur (câble AXE027). Lancez le logiciel d'édition et de programmation **«PICAXE Programming Editor»**. Dans la fenêtre d'options qui s'ouvre automatiquement, sélectionnez le microcontrôleur **PICAXE 08M2** et sur l'onglet suivant : le port «sériel» utilisé (émulé à partir du port USB). Raccordez le cordon avec la prise «jack» entre la platine de base et votre ordinateur, ouvrez le fichier «Basic» et lancez la compilation suivie du chargement (dernière icône «Program» sous la barre des menus).

Votre programme se lance automatiquement dès la fin du chargement visualisé sur l'écran de l'ordinateur. Il est logé en mémoire «flash» du PICAXE. C'est-à-dire que, même hors tension, le programme demeurera et se lancera immédiatement à la remise sous tension.

Applications

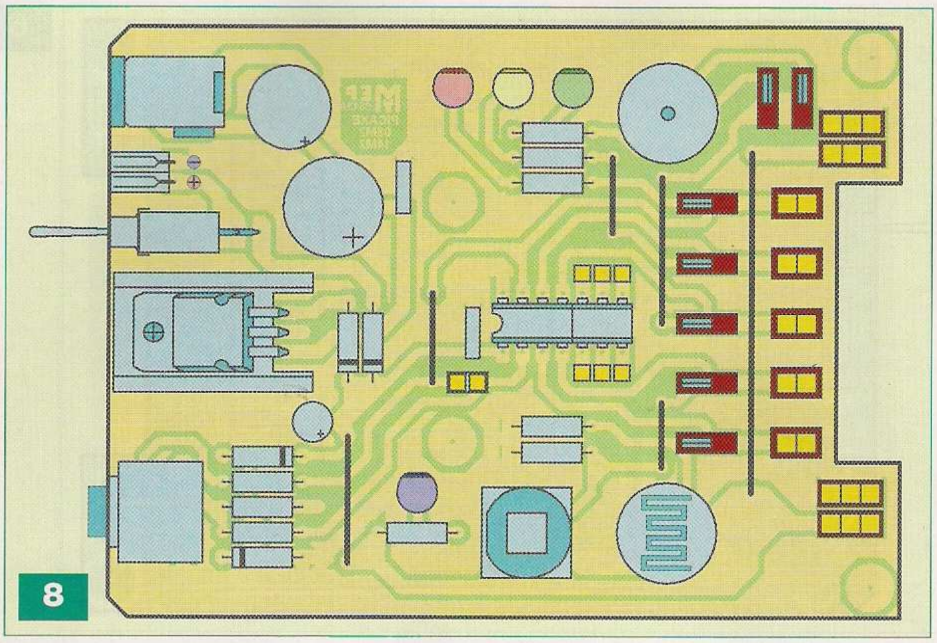
Nous avons mis au point plusieurs applications pratiques de notre réalisation. Pour commencer, nous allons étudier les six qui se contentent de la carte de base, seule.

Nous y verrons la position des cavaliers de configuration et, pour chacune d'elles, le schéma réel ne comportant que les composants nécessaires.

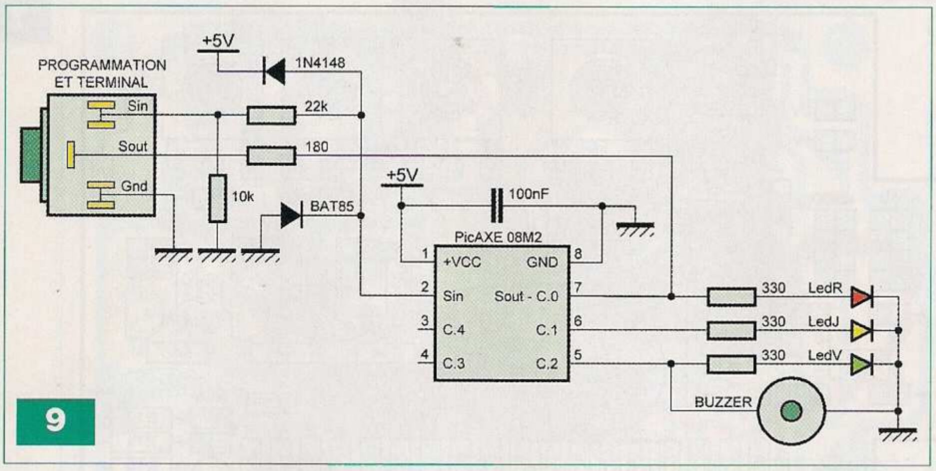
Nous continuerons avec les huit applications externes, pour lesquelles il conviendra d'adjoindre la platine de périphériques à la carte de base.

Comme précédemment, vous trouverez le schéma réel, mais également les câblages à effectuer entre les deux platines. Dans les deux cas, une figure montrera le programme en «Basic» avec ses nombreux commentaires.

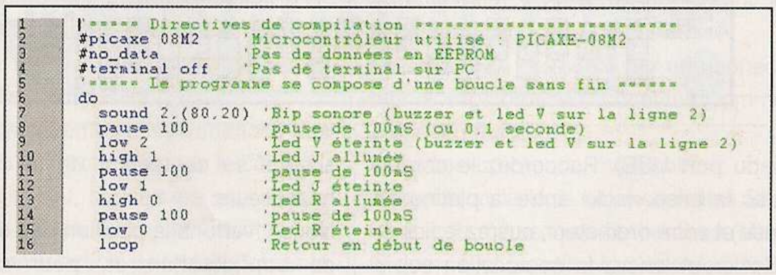
Ils ne comportent que quelques lignes et nous ne détaillons que les particularités de chacun d'eux.



8

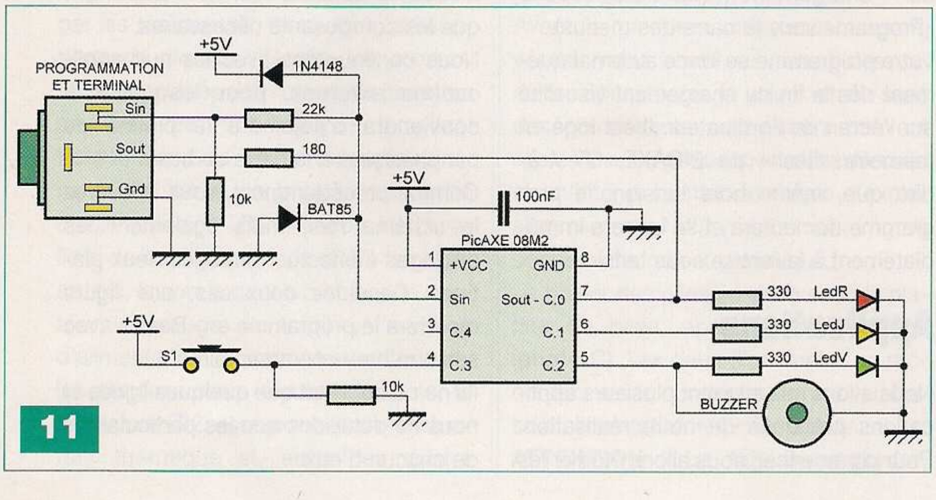

PROGRAMMATION ET TERMINAL
Sin
Sout
Gnd
+5V
1N4148
22k
180
10k
BAT85
+5V
100nF
PicAXE 08M2
+VCC
GND
Sin
Sout - C.0
C.4
C.1
C.3
C.2
1
2
3
4
8
7
6
5
330
LedR
330
LedJ
330
LedV
BUZZER

9



```
'***** Directives de compilation *****************************
#picaxe 08M2       'Microcontrôleur utilisé : PICAXE-08M2
#no_data           'Pas de données en EEPROM
#terminal off      'Pas de terminal sur PC
'***** Le programme se compose d'une boucle sans fin ******
do
  sound 2,(80,20) 'Bip sonore (buzzer et led V sur la ligne 2)
  pause 100        'pause de 100mS (ou 0.1 seconde)
  low 2            'Led V éteinte (buzzer et led V sur la ligne 2)
  high 1           'Led J allumée
  pause 100        'pause de 100mS
  low 1            'Led J éteinte
  high 0           'Led R allumée
  pause 100        'pause de 100mS
  low 0            'Led R éteinte
  loop             'Retour en début de boucle
```

10


PROGRAMMATION ET TERMINAL
Sin
Sout
Gnd
+5V
1N4148
22k
180
10k
BAT85
+5V
100nF
PicAXE 08M2
+VCC
GND
Sin
Sout - C.0
C.4
C.1
C.3
C.2
1
2
3
4
8
7
6
5
+5V
S1
10k
330
LedR
330
LedJ
330
LedV
BUZZER

11

Application de base n°1

La **figure 8** donne le dessin de la carte de base, avec la position des cavaliers de configuration. Cette figure est commune aux six expérimentations de base. Vous l'avez certainement deviné, cette première application sert de test à notre réalisation.

Dans un cycle perpétuel, un bip sonore précède le clignotement séquentiel des trois leds. Le schéma réel est visible sur la **figure 9** et le programme «**APB01.BAS**» sur la **figure 10**.

Les directives indiquent, au logiciel, quel comportement il doit adopter lors de la compilation du programme en «Basic». Pour mémoire, un PICAXE est un microcontrôleur PIC, lequel ne reconnaît pas le langage «Basic».

Le compilateur doit donc transformer celui-ci en un fichier «hex», reconnu par le PIC avant de le transférer en mémoire du PICAXE.

Évidemment, tout ceci est transparent pour le programmeur que vous êtes. Seules les directives de compilation influent à ce niveau.

Sur la figure 10, vous voyez, par exemple, que nous utilisons un PICAXE 08M2, que nous ne plaçons pas de données en mémoire EEPROM et que nous ne voulons pas de terminal sur l'ordinateur après le transfert.

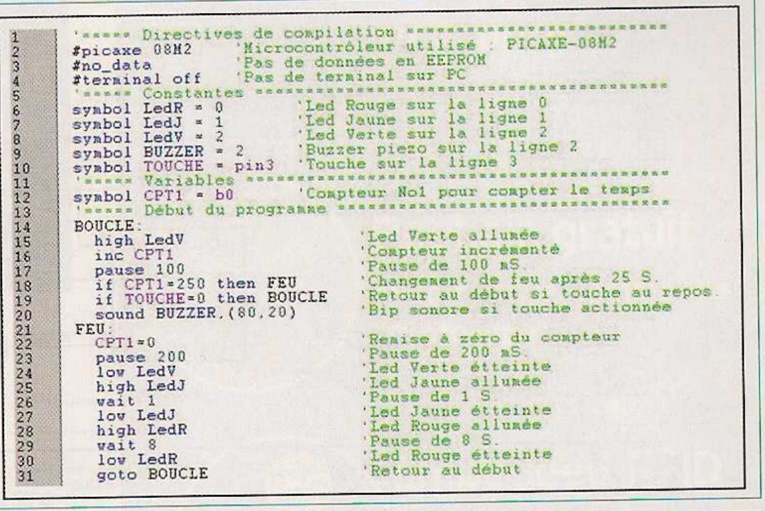
Le programme se compose d'une boucle sans fin («**do ... loop**», mais il en existe d'autres) dans laquelle se trouve une instruction sonore «**sound**» et une suite d'attente «**pause**», du positionnement des sorties à 1 «**high**», et à 0 «**low**». Notez que la led verte étant en parallèle avec le buzzer sur la ligne 2 (C.2), l'instruction sonore illumine simultanément la led.

Application de base n°2

Cette application montre comment programmer un feu tricolore routier, avec demande de priorité pour les piétons. La durée du feu vert est volontairement longue avant le passage à l'orange, puis au rouge. Lorsque le piéton appuie sur la touche, le cycle se déroule plus rapidement. La figure 8 montre le dessin de la platine de base. Le schéma réel est visible sur la **figure 11** et le programme «**APB02.BAS**» sur la **figure 12**.

Après les directives de compilation, nous déclarons des constantes et une variable, bien plus parlantes dans le suivi d'un programme. Nous attribuons, par exemple, le nom LedR à la broche 0 et le compteur ne s'appelle pas b0, mais CPT1. Nous aurions pu le nommer COMPTEUR 1, mais c'est plus encombrant. Le programme se compose également d'une boucle sans fin, mais ici, nous faisons appel à un «**goto**» conjointement avec l'étiquette BOUCLE, car nous avons besoin de sortir de la boucle (ligne 18), ou de retourner prématurément au début (ligne 19). L'instruction «**inc**» (ligne 16) incrémente la valeur de la variable CPT1 d'une unité.

Nous abordons également les instructions de test «**if ... then**» pour tester la valeur d'une variable (ligne 18), ou l'état logique d'une broche (ligne 19). Nous n'avons pas besoin de fin de test «**endif**», car il s'agit d'un branchement à une étiquette dans les deux cas.



```
1   '===== Directives de compilation ============================
2   #picaxe 08M2      'Microcontrôleur utilisé : PICAXE-08M2
3   #no_data          'Pas de données en EEPROM
4   #terminal off     'Pas de terminal sur PC
5   '===== Constantes ===========================================
6   symbol LedR = 0          'Led Rouge sur la ligne 0
7   symbol LedJ = 1          'Led Jaune sur la ligne 1
8   symbol LedV = 2          'Led Verte sur la ligne 2
9   symbol BUZZER = 2        'Buzzer piezo sur la ligne 2
10  symbol TOUCHE = pin3     'Touche sur la ligne 3
11  '===== Variables ============================================
12  symbol CPT1 = b0         'Compteur No1 pour compter le temps
13  '===== Début du programme ===================================
14  BOUCLE:
15    high LedV                      'Led Verte allumée
16    inc CPT1                       'Compteur incrémenté
17    pause 100                      'Pause de 100 mS.
18    if CPT1=250 then FEU           'Changement de feu après 25 S.
19    if TOUCHE=0 then BOUCLE        'Retour au début si touche au repos.
20    sound BUZZER,(80,20)           'Bip sonore si touche actionnée
21  FEU:
22    CPT1=0                         'Remise à zéro du compteur
23    pause 200                      'Pause de 200 mS.
24    low LedV                       'Led Verte étteinte
25    high LedJ                      'Led Jaune allumée
26    wait 1                         'Pause de 1 S.
27    low LedJ                       'Led Jaune étteinte
28    high LedR                      'Led Rouge allumée
29    wait 8                         'Pause de 8 S.
30    low LedR                       'Led Rouge étteinte
31    goto BOUCLE                    'Retour au début
```

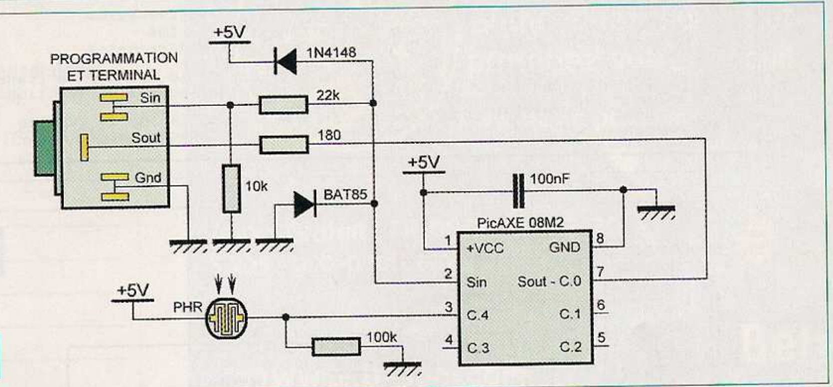
12

Application de base n°3

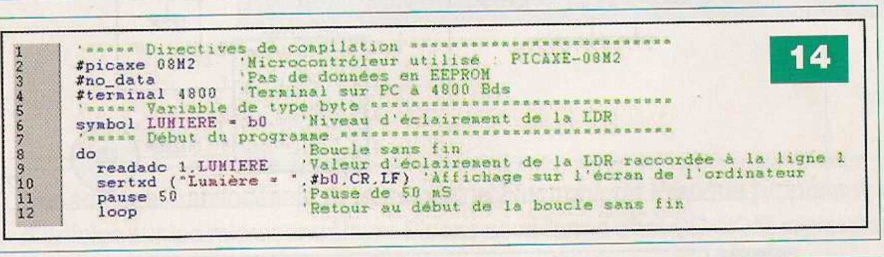
Cette application mesure l'éclairement sur la LDR et l'affiche sur le terminal (écran) de l'ordinateur. La figure 8 montre le dessin de la platine de base. Le schéma réel est visible sur la **figure 13** et le programme «**APB03.BAS**» sur la **figure 14**.

La directive de compilation (ligne 4) demande le terminal de l'ordinateur à 4 800 bauds, correspondant à un cadencement de 4 MHz du PICAXE.

L'instruction «**readadc**» (ligne 9) lit la valeur analogique présente sur l'entrée correspondante et «**sertxd**» (ligne 10) envoie un texte, une valeur et des commandes (retour à la ligne, etc.) sur le terminal.



13



14

```
1   '===== Directives de compilation ========================
2   #picaxe 08M2      'Microcontrôleur utilisé : PICAXE-08M2
3   #no_data          'Pas de données en EEPROM
4   #terminal 4800    'Terminal sur PC à 4800 Bds
5   '===== Variable de type byte ============================
6   symbol LUMIERE = b0    'Niveau d'éclairement de la LDR
7   '===== Début du programme ===============================
8   do                     'Boucle sans fin
9     readadc 1,LUMIERE    'Valeur d'éclairement de la LDR raccordée à la ligne 1
10    sertxd ("Lumière = ",#b0,CR,LF) 'Affichage sur l'écran de l'ordinateur
11    pause 50             'Pause de 50 mS
12    loop                 'Retour au début de la boucle sans fin
```

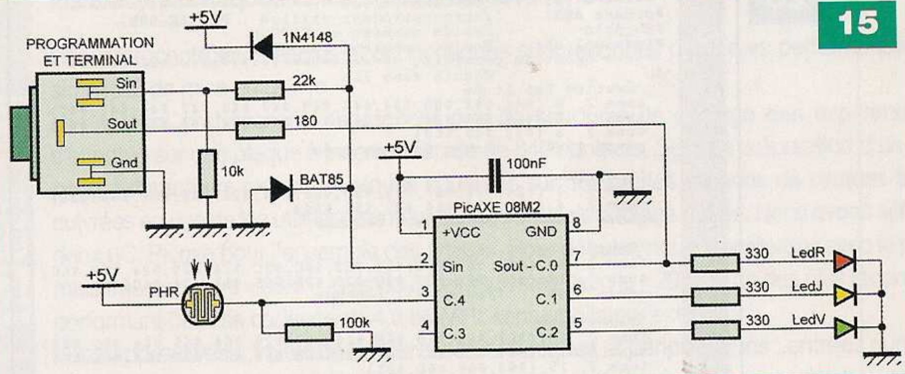
Application de base n°4

Cette application mesure l'éclairement sur la LDR et illumine une des trois leds en fonction du niveau.

La figure 8 montre le dessin de la platine de base. Le schéma réel est visible sur la **figure 15** et le programme «**APB04.BAS**» sur la **figure 16**.

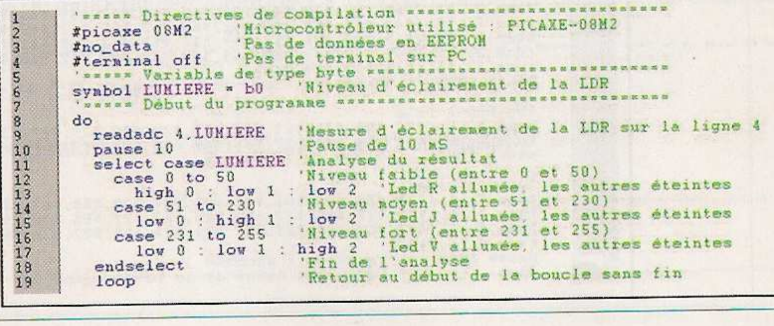
L'instruction «**select case ... case ... case ... endselect**» (lignes 11 et suivantes) analyse les valeurs éventuelles de la variable (LUMIERE) et exécute le programme en fonction.

Notez le signe de ponctuation «:» qui sert à séparer les diverses instructions (lignes 13, 15 et 17).



15

16



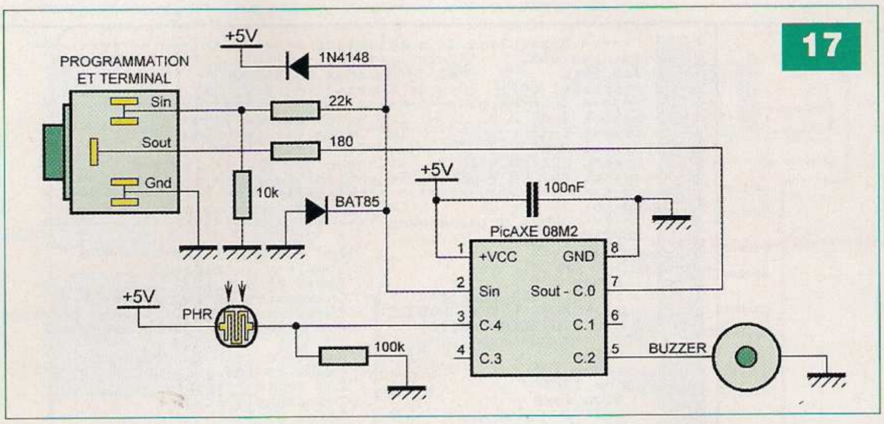
```
1   '===== Directives de compilation ==========================
2   #picaxe 08M2      'Microcontrôleur utilisé : PICAXE-08M2
3   #no_data          'Pas de données en EEPROM
4   #terminal off     'Pas de terminal sur PC
5   '===== Variable de type byte ==============================
6   symbol LUMIERE = b0    'Niveau d'éclairement de la LDR
7   '===== Début du programme =================================
8   do
9     readadc 4,LUMIERE      'Mesure d'éclairement de la LDR sur la ligne 4
10    pause 10               'Pause de 10 mS
11    select case LUMIERE    'Analyse du résultat
12      case 0 to 50         'Niveau faible (entre 0 et 50)
13        high 0 : low 1 : low 2  'Led R allumée, les autres éteintes
14      case 51 to 230       'Niveau moyen (entre 51 et 230)
15        low 0 : high 1 : low 2  'Led J allumée, les autres éteintes
16      case 231 to 255      'Niveau fort (entre 231 et 255)
17        low 0 : low 1 : high 2  'Led V allumée, les autres éteintes
18    endselect              'Fin de l'analyse
19    loop                   'Retour au début de la boucle sans fin
```

Application de base n°5

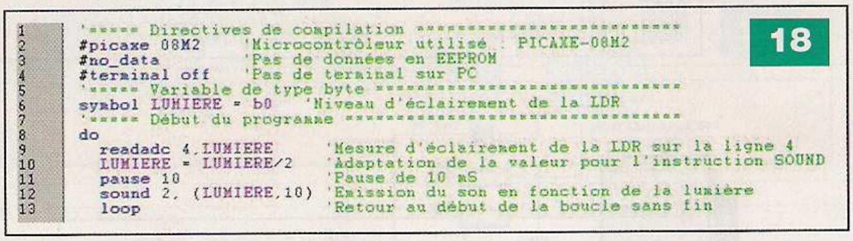
Cette application mesure l'éclairement sur la LDR et produit un son de hauteur différente en fonction du niveau.

La figure 8 montre le dessin de la platine de base. Le schéma réel est visible sur la **figure 17** et le programme «**APB05.BAS**» sur la **figure 18.**

17



18



```
'===== Directives de compilation ==========================
#picaxe 08M2       'Microcontrôleur utilisé : PICAXE-08M2
#no_data           'Pas de données en EEPROM
#terminal off      'Pas de terminal sur PC
'===== Variable de type byte ===============================
symbol LUMIERE = b0   'Niveau d'éclairement de la LDR
'===== Début du programme ==================================
do
  readadc 4,LUMIERE      'Mesure d'éclairement de la LDR sur la ligne 4
  LUMIERE = LUMIERE/2    'Adaptation de la valeur pour l'instruction SOUND
  pause 10               'Pause de 10 mS
  sound 2, (LUMIERE,10)  'Emission du son en fonction de la lumière
  loop                   'Retour au début de la boucle sans fin
```

Application de base n°6

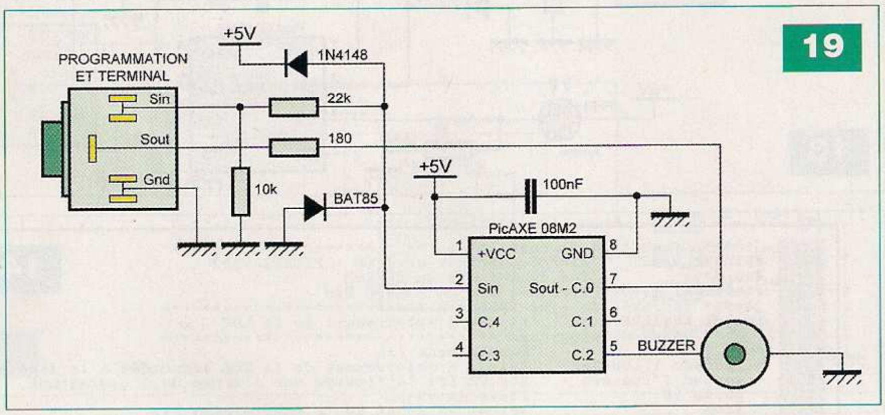
Cette application joue sept airs de musique sur le buzzer, de manière répétitive, avec une pause d'une seconde entre chacun d'eux.

La figure 8 montre le dessin de la platine de base.

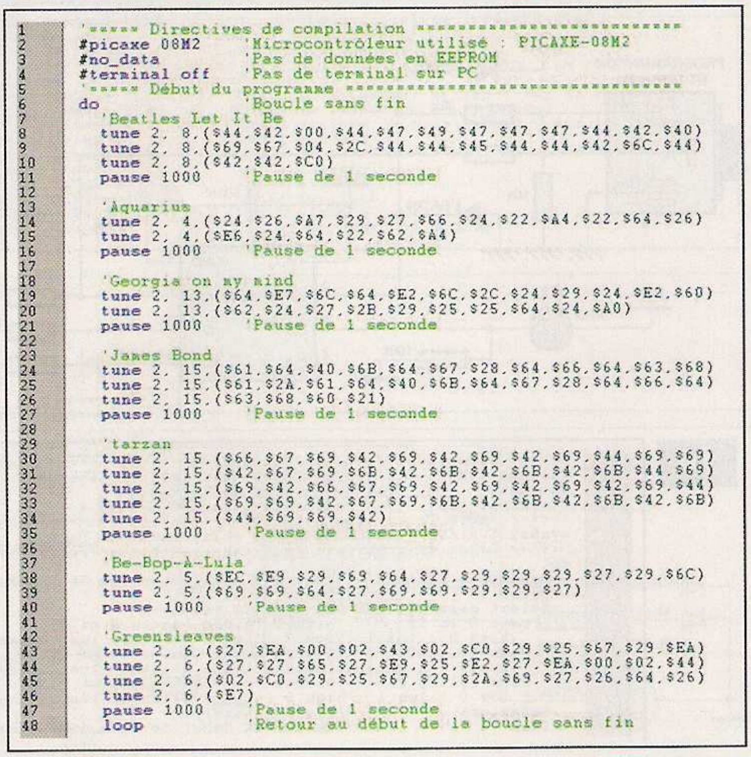
Le schéma réel est visible sur la **figure 19** et le programme «**APB06.BAS**» sur la **figure 20.**

L'instruction «**tune**» (lignes 8 à 10 et suivantes) joue des notes de musique bien précises les unes à la suite des autres. Vous pouvez utiliser la fonction «**Ring Tone Tunes ...**» du menu «**PICAXE**» / «**Wizards**» dans le logiciel «**PICAXE Programming Editor**» pour programmer les notes.

19



20



```
1   '===== Directives de compilation ==========================
2   #picaxe 08M2       'Microcontrôleur utilisé : PICAXE-08M2
3   #no_data           'Pas de données en EEPROM
4   #terminal off      'Pas de terminal sur PC
5   '===== Début du programme ==================================
6   do                 'Boucle sans fin
7     'Beatles Let It Be
8     tune 2, 8,($44,$42,$00,$44,$47,$49,$47,$47,$47,$44,$42,$40)
9     tune 2, 8,($69,$67,$04,$2C,$44,$44,$45,$44,$44,$42,$6C,$44)
10    tune 2, 8,($42,$42,$C0)
11    pause 1000       'Pause de 1 seconde
12
13    'Aquarius
14    tune 2, 4,($24,$26,$A7,$29,$27,$66,$24,$22,$A4,$22,$64,$26)
15    tune 2, 4,($E6,$24,$64,$22,$62,$A4)
16    pause 1000       'Pause de 1 seconde
17
18    'Georgia on my mind
19    tune 2, 13,($64,$E7,$6C,$64,$E2,$6C,$2C,$24,$29,$24,$E2,$60)
20    tune 2, 13,($62,$24,$27,$2B,$29,$25,$25,$64,$24,$A0)
21    pause 1000       'Pause de 1 seconde
22
23    'James Bond
24    tune 2, 15,($61,$64,$40,$6B,$64,$67,$28,$64,$66,$64,$63,$68)
25    tune 2, 15,($61,$2A,$61,$64,$40,$6B,$64,$67,$28,$64,$66,$64)
26    tune 2, 15,($63,$68,$60,$21)
27    pause 1000       'Pause de 1 seconde
28
29    'tarzan
30    tune 2, 15,($66,$67,$69,$42,$69,$42,$69,$42,$69,$44,$69,$69)
31    tune 2, 15,($42,$67,$69,$6B,$42,$6B,$42,$6B,$42,$6B,$44,$69)
32    tune 2, 15,($69,$42,$66,$67,$69,$42,$69,$42,$69,$42,$69,$44)
33    tune 2, 15,($69,$69,$42,$67,$69,$6B,$42,$6B,$42,$6B,$42,$6B)
34    tune 2, 15,($44,$69,$69,$42)
35    pause 1000       'Pause de 1 seconde
36
37    'Be-Bop-A-Lula
38    tune 2, 5,($EC,$E9,$29,$69,$64,$27,$29,$29,$29,$27,$29,$6C)
39    tune 2, 5,($69,$69,$64,$27,$69,$69,$29,$29,$27)
40    pause 1000       'Pause de 1 seconde
41
42    'Greensleaves
43    tune 2, 6,($27,$EA,$00,$02,$43,$02,$C0,$29,$25,$67,$29,$EA)
44    tune 2, 6,($27,$27,$65,$27,$E9,$25,$E2,$27,$EA,$00,$02,$44)
45    tune 2, 6,($02,$C0,$29,$25,$67,$29,$2A,$69,$27,$26,$64,$26)
46    tune 2, 6,($E7)
47    pause 1000       'Pause de 1 seconde
48    loop             'Retour au début de la boucle sans fin
```

Nota

Nous poursuivrons cette série d'applications dans notre prochain numéro, avec les huit applications externes, pour lesquelles il conviendra d'adjoindre la platine de périphériques à la carte de base.

A suivre...

Y. MERGY

Adresse Internet de l'auteur

Mergy Yves - Électronique, Projets, Loisirs, Études et Développements
myepled@gmail.com

Les liens Internet utiles pour ce sujet

Site du magazine :
http://www.electroniquepratique.com

Site Internet de Gotronic (spécialiste du PICAXE) : *http://www.gotronic.fr/*

Site Internet de Saint Quentin Radio :
http://www.stquentin-radio.com/

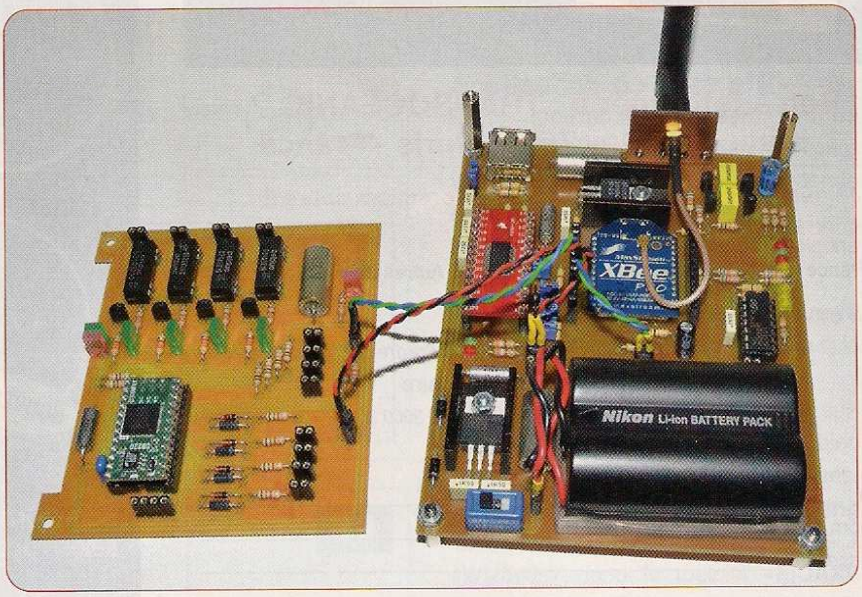
Site Internet de la société A4 Technologie : *http://www.a4.fr/*

Site Internet de téléchargement libre du logiciel de programmation et d'édition pour les PICAXE :
http://www.rev-ed.co.uk/picaxe/

Le site du forum officiel PICAXE francophone : *http://www.picaxeforum.co.uk/forumdisplay.php?f=44*

Utilisation des modules XBee

Nous avons, il y a quelques temps, publié un article sur les transceivers XBee. Pour répondre aux nombreuses demandes de nos lecteurs et, ces modules étant toujours d'actualité, nous proposons de nouvelles réalisations utilisant ces composants qui présentent un excellent rapport performances/prix. Simples d'utilisation, ils peuvent être mis en œuvre dans un grand nombre d'applications.



La gamme des modules XBee s'est largement étendue. Elle est divisée en deux séries : la série 1, appelée aussi XBee 802.15.4 (**cliché 1**) et la série 2, appelée ZigBee (**cliché 2**). Physiquement, elles présentent le même aspect ainsi que la même implantation. Quant aux caractéristiques techniques, elles sont pratiquement similaires, tout au moins en ce qui concerne les modules XBee standards.

Le **tableau 1** indique les caractéristiques des modules XBee série 1, XBee Pro série 1 et XBee série 2.

La principale différence existant entre les modules XBee de série 1 et de série 2 réside dans le «firmware» installé :

- **XBee 802.15.4 série 1 :** ce module est livré, en standard, avec le «firmware» 802.15.4. Il autorise les liaisons point à point, de type «maillé» ou de type «étoile». Il permet également la lecture de données analogiques au moyen de convertisseurs analogiques/numériques et la transmission de données numériques, entrées et sorties. Le XBee 802.15.4 est nettement plus rapide que le XBee ZigBee. Son débit est également plus élevé. L'avantage unique du module XBee 802.15.4 série 1 est qu'il peut recevoir le «firmware» DigiMesh. DigiMesh est un protocole de réseau «maillé» comparable à ZigBee, mais comportant néanmoins de nombreux avantages
- **XBee ZigBee série 2 :** ce module utilise le «firmware» de «maille» ZigBee. C'est le module qui offre la plus basse consommation de courant lorsqu'il est configuré en «end device» (périphérique de fin de chaîne). Cependant, l'infrastructure d'un réseau ZigBee est plus complexe et requiert une importante configuration

XBee PRO série 1
XBee série 1

Cliché 1

Tableau 1

Fonctions	Module XBee série 1 Module XBee série 2	Module XBee-Pro série 1
Transmissions en intérieur	Jusqu'à 30 m Jusqu'à 40 m (série 2)	Jusqu'à 100 m
Transmission en extérieur	Jusqu'à 100 m Jusqu'à 120 m (série 2)	Jusqu'à 1500 m
Puissance de sortie	1 mW (0 dBm) 2 mW (+3dBm) (série 2)	60 mW (18 dBm) Ajustable par soft
Débit des données RF	250.000 bps	250.000 bps
Débit des données UART	1200 bps à 115.200 bps (autres débits non standards possibles)	1200 bps à 115.200 bps (autres débits non standards possibles)
Sensibilité	-92 dBm -98 dBm (série 2)	-100 dBm
Caractéristiques électriques		
Tension d'alimentation	**2,8 V à 3,4 V**	**2,8 V à 3,4 V**
Courant en émission	45 mA à 3,3 V 40 mA à 3,3 V (série 2)	10 dBm : 137 mA à 3,3 V 12 dBm : 155 mA à 3,3 V 14 dBm : 170 mA à 3,3 V 16 dBm : 188 mA à 3,3 V 18 dBm : 215 mA à 3,3 V
Courant en attente ou en réception	50 mA à 3,3 V 40 mA à 3,3 V (série 2)	55 mA à 3,3 V
Courant en mode «SLEEP»	< 10 µA 1 µA (série 2)	< 10 µA

Cliché 3

Voyons les principales différences existant entre les réseaux de type ZigBee (**figure 1**) et les réseaux de type DigiMesh (**figure 2**).

Types de périphériques :

Il existe trois types de périphériques dans le réseau ZigBee : le coordinateur, les routeurs et les «end device». Ces derniers ont un coût potentiellement mois élevé, du fait de leurs fonctionnalités réduites.

Il n'existe qu'un seul type de périphérique dans le réseau DigiMesh, ce qui le rend plus homogène. Cela apporte plus de flexibilité dans l'expansion du réseau et simplifie le paramétrage.

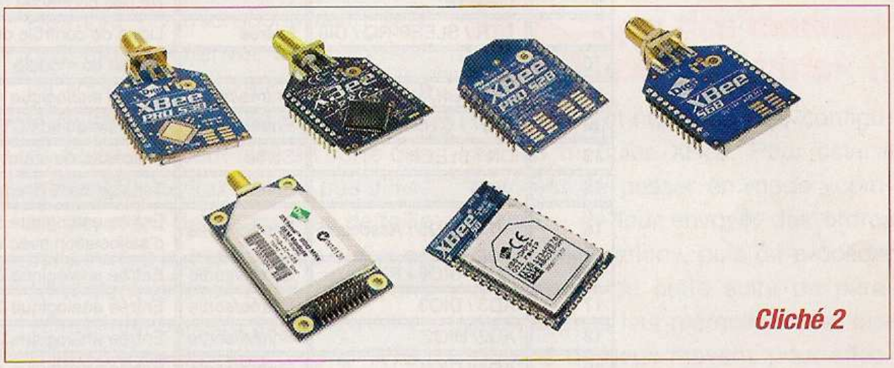
Mise en sommeil (fonction «Sleep») :

Seuls les «End Devices» peuvent se mettre en sommeil dans le réseau ZigBee, alors que la totalité des éléments du réseau DigiMesh peuvent utiliser cette fonction, très utile, pour l'économie de l'énergie lorsque des batteries sont utilisées.

Fréquences utilisées et débit RF :

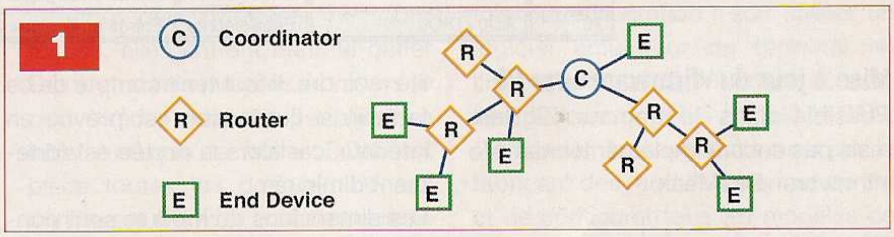
ZigBee → 2,4 GHz à 250 kbps, 900 MHz à 40 kbps et 868 MHz à 20 kbps

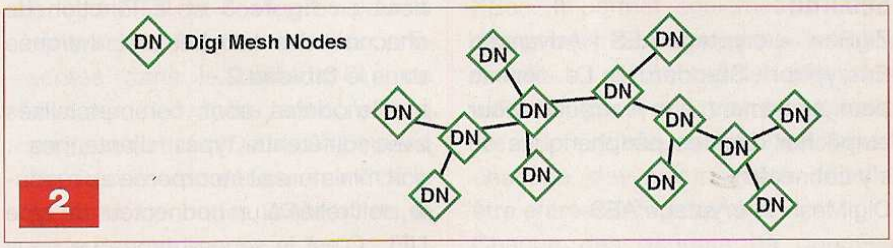
DigiMesh → 2,4 GHz à 250 kbps, 900 MHz à 10 kbps, 125 kbps et 150 kbps



Cliché 2

1





2

Distances de communications :

ZigBee → moins de deux miles (3,2 km)

DigiMesh → jusqu'à quarante miles, soit 64 km, avec les modules XTend (**cliché 3**)

Adressage :

ZigBee → deux couches : adresse «MAC» (Media Access Control) sur 64 bits et adresse «réseau» sur 16 bits

DigiMesh → une seule adresse «MAC» sur 64 bits

Interopérabilité :

ZigBee → possible entre modules de différents constructeurs

DigiMesh → uniquement entre modules propriétaires

3

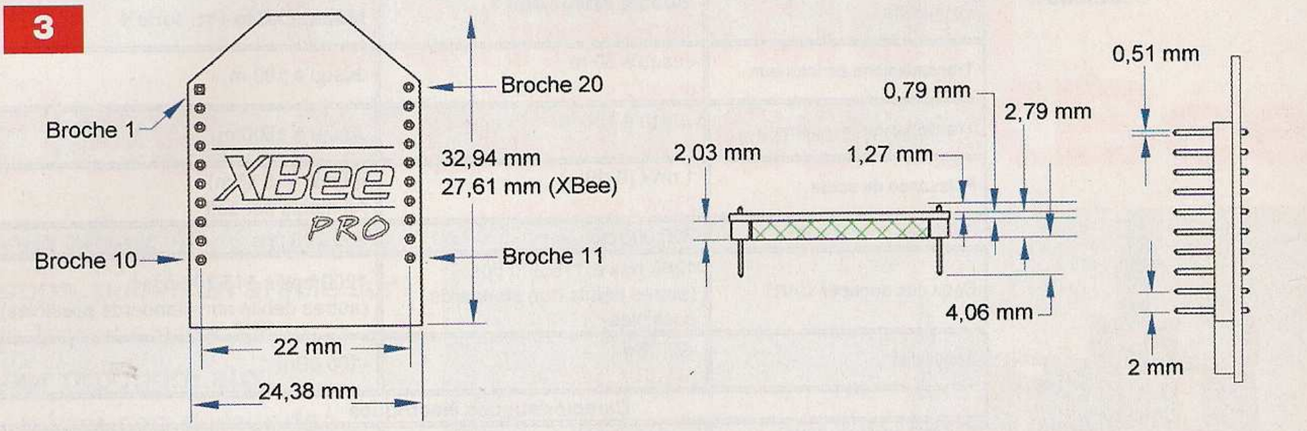


Tableau 2

Broche	Nom	Direction	Fonction(s) de la broche
1	VCC	-	Entrée alimentation
2	DOUT	Sortie	Sortie données UART
3	DIN / CONFIG/	Entrée	Entrée données UART
4	CD / DOUT_EN / DO8	Sortie	Carrier detect / TX enable / sortie numérique 8
5	RESET/	Entrée	Reset du module (impulsion minimum de 200ns)
6	PWM0 / RSSI	Sortie	Sortie PWM0 / indicateur réception du signal RF
7	PWM1	Sortie	Sortie PWM1
8	(réservé)	-	Ne pas connecter
9	DTR / SLEEP-RQ / DI8	Entrée	Ligne de contrôle du mode Sleep / Entrée numérique 8
10	GND	-	Masse du module
11	AD4 / DIO4	Entrée/sortie	Entrée analogique 4 / entrée/sortie numérique 4
12	DIO7 / CTS/	Entrée/sortie	Contrôle du flux CTS/ / entrée/sortie numérique 7
13	ON / SLEEP	Sortie	Indicateur de statut du module
14	VREF	Entrée	Tension de référence pour les entrées analogiques
15	AD5 / DIO5 / Associate	Entrée/sortie	Entrée analogique 5 / entrée/sortie numérique 5 / indicateur d'association avec un autre module
16	AD6 / DIO6 / RTS/	Entrée/sortie	Entrée analogique 6 / entrée/sortie numérique 6 / Contrôle du flux RTS/
17	AD3 / DIO3	Entrée/sortie	Entrée analogique 3 / entrée/sortie numérique 3
18	AD2/ DIO2	Entrée/sortie	Entrée analogique 2 / entrée/sortie numérique 2
19	AD1 / DIO1	Entrée/sortie	Entrée analogique 1 / entrée/sortie numérique 1
20	AD0 / DIO0	Entrée/sortie	Entrée analogique 0 / entrée/sortie numérique 0

Mise à jour du «firmware» par RF :
Possible dans la gamme ZigBee, mais pas encore implémentée dans le «firmware» DigiMesh

Sécurité :
ZigBee → cryptage AES («Advanced Encryption Standard»). Le réseau peut également être verrouillé pour empêcher d'autres périphériques de s'y connecter
DigiMesh → cryptage AES

Le XBee Pro 802.15.4

Le XBee Pro est le module que nous avons utilisé pour les réalisations que nous allons décrire.

Cependant, rien n'empêche nos lecteurs de choisir le module XBee. Il ne diffère du module Pro que par sa puissance d'émission et une sensibilité moindre. Il faut tenir compte de ce facteur, si l'utilisation est prévue en intérieur, car alors la portée est fortement diminuée.

Les dimensions du module sont données en **figure 3** et la fonction de chacune des broches est indiquée dans le **tableau 2**.

Les modules sont commercialisés avec différents types d'antennes : soit miniature et incorporée au module, soit reliée à un connecteur de type UFL. C'est le second type que nous préconisons, car l'antenne peut alors être déportée et des essais peuvent être réalisés afin d'obtenir la meilleure portée. Différents types d'antennes peuvent également être testés.

Les modules XBee permettent une utilisation sur seize canaux et les modules XBee Pro disposent de douze canaux.

Communications «série» des modules XBee/XBee Pro

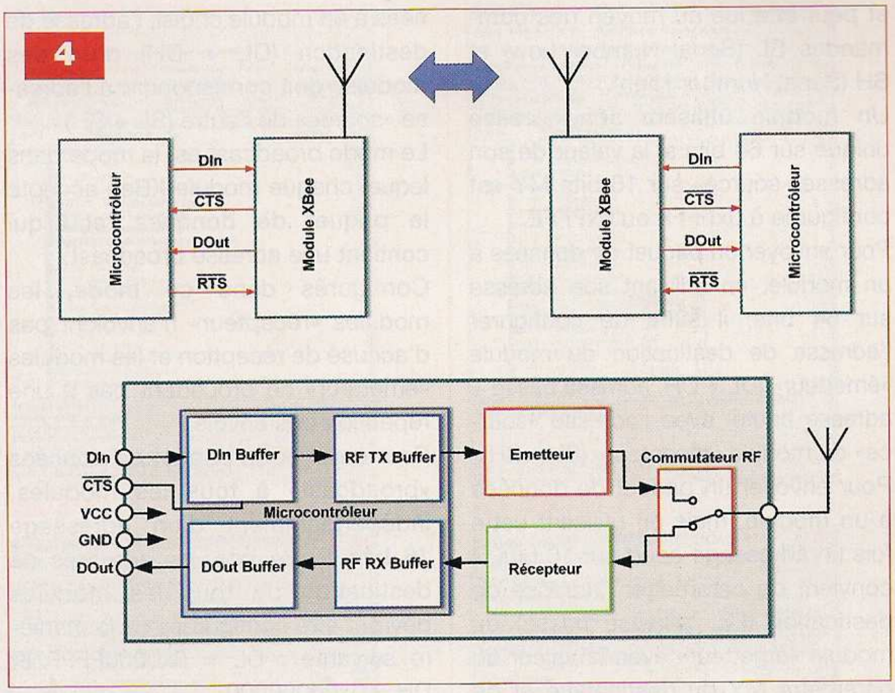
Le module XBee/XBee Pro dispose d'un port «série» asynchrone. A l'aide de ce port, le module peut communiquer avec n'importe quel système disposant d'un UART compatible avec ses niveaux de tension (3,3 V).

La partie supérieure de la **figure 4** montre cette connexion. Dans cette configuration, nous voyons que le contrôle du flux de données est utilisé, ce qui n'est pas une obligation, comme nous le verrons plus loin.

Si vous souhaitez connecter le module XBee à un ordinateur, un convertisseur de signaux RS232 ou USB doit être utilisé.

Les données entrant dans le module (broche 3, Din) doivent prendre la

4



forme d'un signal «série» asynchrone (le signal, au repos, est au niveau «haut» lorsqu'aucune donnée n'est transmise). Chaque octet de donnée est formé par un bit de départ, huit bits de donnée (LSB en premier) et un bit de stop. L'UART assure toutes les tâches comme le «timing» et le contrôle de la parité.

Par défaut, le module XBee/XBee Pro fonctionne en **mode transparent**. Dans ce mode, il peut être utilisé en remplacement d'une ligne «série» sans fil. Toutes les données reçues par l'UART (broche Din) sont stockées en attente de leur envoi par transmission RF et toutes les données reçues par transmission RF sont disponibles sur la broche DOut.

Lorsque le module reçoit des données à transmettre, celles-ci sont stockées dans le buffer Din (figure 4, partie inférieure) jusqu'à ce que l'une des actions suivantes provoque leur mise en paquet et leur envoi :

- Aucune donnée «série» n'est reçue dans le laps de temps déterminé par le paramètre RO (Packetization Timeout). Si RO est paramétré à 0, la mise en paquet débute dès le premier caractère reçu
- Le nombre maximal (100) de données pouvant être contenues dans un paquet est atteint
- La séquence de commandes «GT + CC + GT» est reçue : chaque caractère stocké dans le buffer Din avant cette séquence est immédiatement envoyé

Si le module ne peut transmettre immédiatement les données, par exemple parce qu'il est occupé à recevoir des données RF, les données «série» sont stockées dans le buffer Din, puis envoyées lorsque l'un des trois cas précédents se présente.

Si le buffer Din est rempli, **le contrôle de flux** doit être utilisé afin de ne pas perdre les données (Overflow) envoyées par le système connecté au module :

- **Contrôle de flux «hardware» CTS :** lorsqu'il ne reste plus que 17 octets de libres dans le buffer Din, le module XBee/XBee Pro place sa ligne RTS au niveau «haut», afin de signaler au périphérique hôte (par exemple un microcontrôleur) qu'il doit stopper l'envoi des données. La ligne CTS est réactivée lorsque le buffer Din dispose de 34 octets de libres. On peut faire en sorte que le contrôle de flux ne soit pas utilisé en envoyant des messages de taille inférieure à la capacité du buffer ou en réglant le débit des UART à une valeur inférieure au débit RF
- **Contrôle de flux «hardware» RTS :** lorsque des données RF sont reçues, elles entrent dans le buffer DOut et sont envoyées à travers le port «série» vers le périphérique hôte. Lorsque le buffer DOut est plein, toutes les données RF qui continuent à arriver sont perdues. Si la ligne RTS est configurée pour le contrôle du flux, les données présentes dans le buffer DOut ne seront pas envoyées tant qu'elle ne sera pas activée. Deux cas peuvent être la cause du dépassement de la capacité du buffer DOut et de la perte de données :
  1/si le débit RF est nettement supérieur au débit de l'UART : dans ce cas, les données sont reçues beaucoup plus rapidement qu'elles ne sont envoyées par le port «série»
  2/ si le périphérique hôte ne permet pas au module de sortir les données du buffer DOut

Adressages des modules XBee/XBee Pro «série» 1

Il est souvent nécessaire de configurer les modules XBee. Pour cela, il convient de passer en mode «commande», de leur envoyer des ordres de «configuration», puis de procéder à l'écriture de cette suite de paramètres dans leur mémoire. Nous disposons de deux moyens pour effectuer cette opération : soit utiliser un logiciel émulateur de terminal tel l'HyperTerminal de Windows, soit utiliser le logiciel dédié appelé X-CTU. Ce dernier, fourni gratuitement par le fabricant des modules, permet de lire et de configurer tous les modèles de XBee. Il permet également le téléchargement des «firmwares» les plus récents. C'est ce logiciel que nous utilisons, car il est bien plus simple d'emploi qu'un terminal sur lequel chacune des commandes doivent être entrées à tour de rôle.

Chacun des paquets de données envoyés par RF contient une adresse «source» et une adresse de «destination» dans son en-tête. Le module XBee se conforme à la spécification 802.15.4 et supporte aussi bien l'adressage court sur 16 bits que l'adressage long sur 64 bits.

Une adresse unique est assignée à chaque module lors de la fabrication et peut être lue au moyen des commandes SL (Serial Number Low) et SH (Serial Number High).

Un module utilisera son adresse unique sur 64 bits si la valeur de son adresse «source» sur 16 bits MY est configurée à 0xFFFF ou 0xFFFE.

Pour envoyer un paquet de données à un module, en utilisant son adresse sur 64 bits, il suffit de configurer l'adresse de destination du module «émetteur» (DL + DH, adresse basse + adresse haute) avec l'adresse «source» du module «récepteur» (SL + SH).

Pour envoyer un paquet de données à un module, mais en utilisant cette fois un adressage court sur 16 bits, il convient de paramétrer l'adresse de destination (DL, adresse basse) du module «émetteur» avec la valeur du paramètre MY du destinataire et de configurer l'adresse haute (DH) à 0 (**vues d'écrans 1 et 2**).

Le mode unicast est le mode dans lequel le module XBee opère par défaut. C'est le seul mode où plusieurs tentatives d'envois peuvent avoir lieu. En effet, lors de la réception d'un paquet de données, le module «récepteur» envoie un accusé de réception (Acknowledge) au module «émetteur». Si le module «émetteur» ne reçoit pas cet accusé, il réitère cet envoi jusqu'à trois fois, ou jusqu'à ce qu'il reçoive l'accusé de réception.

Adresse courte sur 16 bits

Dans le mode «unicast», les modules peuvent être configurés avec une adresse courte sur 16 bits où MY sera inférieur à 0xFFFE.

En configurant le paramètre DH à 0, l'adressage se fera sur 16 bits.

Pour deux modules communiquant, l'adresse de destination du module «émetteur» devra être égale au paramètre MY du module «récepteur».

Adresse longue sur 64 bits

Lorsque un périphérique de fin (End Device) est associé à un périphérique coordinateur (Coordinator), son paramètre MY est configuré à 0xFFFE afin de passer en adressage 64 bits.

L'adresse sur 64 bits du module est stockée comme paramètres SL et SH. Afin d'envoyer un paquet de données à un module choisi, l'adresse de destination (DL + DH) d'un des modules doit correspondre à l'adresse «source» de l'autre (SL + SH).

Le mode broadcast est le mode dans lequel chaque module XBee accepte le paquet de données reçu qui contient une adresse broadcast.

Configurés dans ce mode, les modules «récepteur» n'envoient pas d'accusé de réception et les modules «émetteur» ne procèdent pas à une répétition des envois.

Pour envoyer un paquet de données «broadcast» à tous les modules, indépendamment d'un adressage 16 bits ou 64 bits, les adresses de destination de tous les modules devront être configurées de la manière suivante : DL = 0x0000FFFF et DH = 0x00000000.

Les entrées/sorties des modules XBee/XBee Pro «série» 1

Les modules XBee disposent de plusieurs lignes d'entrées/sorties, configurables en entrées numériques, en entrées analogiques ou en sorties numériques. Celles-ci sont utilisables indépendamment des systèmes externes, c'est-à-dire sans passer par l'UART des modules. Chaque ligne peut être configurée individuellement comme représenté sur la **vue d'écran 3**. La **vue d'écran 4** montre la configuration des lignes PWM0 et PWM1.

Il faut noter que les lignes sont configurées par paires. Ainsi, par exemple, DIO0, configurée en entrée analogique (AD0) sur l'émetteur, agira sur la ligne de sortie PWM0 du récepteur. DIO1 (AD1) commandera la ligne de sortie PWM1, tandis que DInput5 «émetteur» correspondra à DOutput5 «récepteur».

Comme nous le voyons dans l'exemple ci-dessus, une entrée analogique correspond à une sortie PWM dont le signal, d'une fréquence un peu supérieure à 100 Hz, voit la durée de ses créneaux augmenter avec la tension mesurée. Il suffit alors d'intégrer le signal au moyen d'un réseau RC et de mesurer cette tension.

Nous allons voir, maintenant, deux exemples concrets de la programmation des modules XBee, l'un pour les entrées et sorties numériques, l'autre pour deux entrées et deux sorties analogiques. Ces exemples sont valables pour les modules XBee 802.15.4 série 1 (ou XBee Pro série 1) et le logiciel X-CTU.

Ces exemples seront utilisés pour le test des cartes que nous décrivons dans le paragraphe suivant.

Entrées/sorties numériques

Il convient, avant de procéder à l'écriture de tous ces paramètres dans la mémoire du XBee, de modifier également le «firmware». Choisir la dernière version n°10ED (**vue d'écran 5**).

1/ Il convient, d'abord, d'inscrire les adresses «source» et «destination» des deux modules, adresses courtes sur 16 bits (vues d'écrans 1 et 2) :
- Pour l'émetteur → DL = 1234, MY = 5678
- Pour le récepteur → DL = 5678, MY = 1234

2/ Configurer ensuite les lignes d'entrées/sorties par les paramètres Dx :
- Pour l'émetteur à D0, D1, D2, D3, D6, D7 = 3, en entrées (**vue d'écran 6**)
- Pour le récepteur à D0, D1, D2, D3, D6, D7 = 4, en sorties (**vue d'écran 7**)

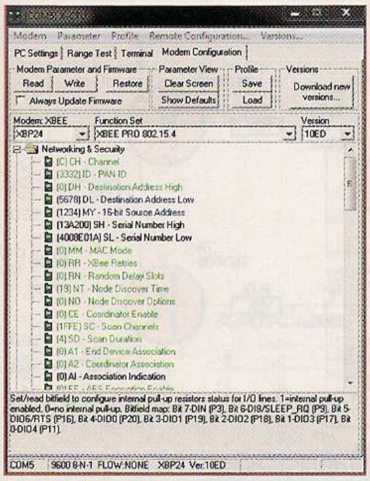
3/ Configuration du paramètre IT (Samples Before Transmission, nombre d'échantillons avant l'envoi des données, surtout utilisé pour les lectures AD) :
- Pour l'émetteur → IT = 5

Ce paramètre permet, à l'utilisateur, de fixer le nombre de lectures des entrées, opérées avant l'envoi du paquet de données.

Le module XBee dispose d'un buffer de 93 octets pour les échantillons de données, ce qui permet, lorsqu'on utilise le convertisseur AD, un maximum de quarante six lectures avant la transmission, le convertisseur étant de type 10 bits et le résultat codé sur deux octets.

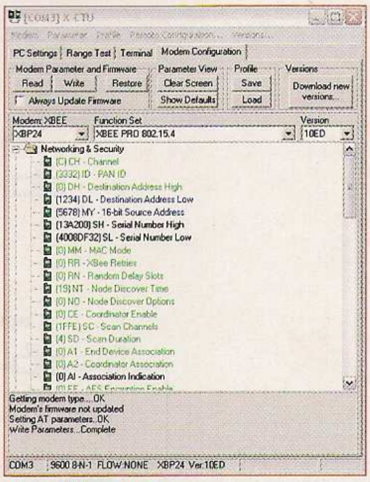
4/ Configuration de la fréquence d'échantillonnage par le paramètre IR. L'unité est fixée à 1 ms.
Ainsi, un paramètre IR fixé à 14 correspond à 14 ms.

5/ Configuration du paramètre IA


Modem Parameter Profile Remote Configuration... Versions...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Modem Parameter and Firmware: Read | Write | Restore
Always Update Firmware
Parameter View: Clear Screen | Show Defaults
Profile: Save | Load
Versions: Download new versions...

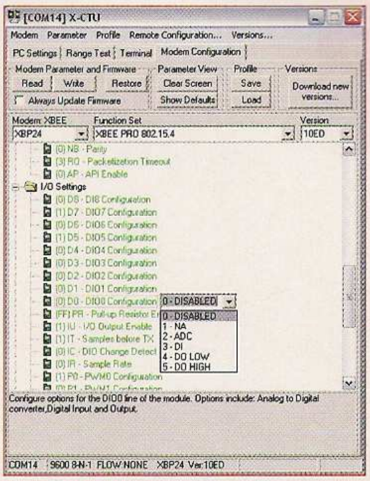
```
Modem: XBEE    Function Set           Version
XBP24          XBEE PRO 802.15.4      10ED
Networking & Security
  (C) CH - Channel
  (3332) ID - PAN ID
  (0) DH - Destination Address High
  (5678) DL - Destination Address Low
  (1234) MY - 16-bit Source Address
  (13A200) SH - Serial Number High
  (4008E01A) SL - Serial Number Low
  (0) MM - MAC Mode
  (0) RR - XBee Retries
  (0) RN - Random Delay Slots
  (19) NT - Node Discover Time
  (0) NO - Node Discover Options
  (0) CE - Coordinator Enable
  (1FFE) SC - Scan Channels
  (4) SD - Scan Duration
  (0) A1 - End Device Association
  (0) A2 - Coordinator Association
  (0) AI - Association Indication
Set/read bitfield to configure internal pull-up resistors status for I/O lines. 1=internal pull-up
enabled, 0=no internal pull-up. Bitfield map: Bit 7-DIN (P3), Bit 6-DI8/SLEEP_RQ (P9), Bit 5-
DIO6/RTS (P16), Bit 4-DIO0 (P20), Bit 3-DIO1 (P19), Bit 2-DIO2 (P18), Bit 1-DIO3 (P17), Bit
0-DIO4 (P11).
COM5   9600 8-N-1  FLOW:NONE   XBP24  Ver:10ED
```

Vue d'écran 1


[COM3] X-CTU
Modem Parameter Profile Remote Configuration... Versions...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Modem Parameter and Firmware: Read | Write | Restore
Always Update Firmware
Parameter View: Clear Screen | Show Defaults
Profile: Save | Load
Versions: Download new versions...

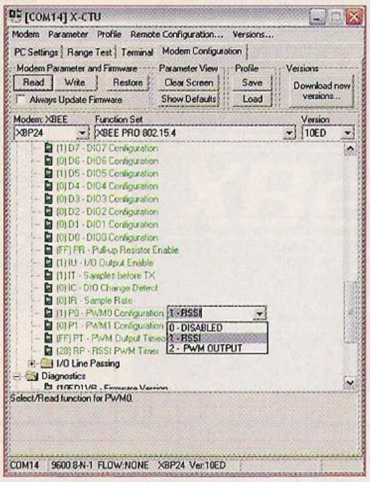
```
Modem: XBEE    Function Set           Version
XBP24          XBEE PRO 802.15.4      10ED
Networking & Security
  (C) CH - Channel
  (3332) ID - PAN ID
  (0) DH - Destination Address High
  (1234) DL - Destination Address Low
  (5678) MY - 16-bit Source Address
  (13A200) SH - Serial Number High
  (4008DF32) SL - Serial Number Low
  (0) MM - MAC Mode
  (0) RR - XBee Retries
  (0) RN - Random Delay Slots
  (19) NT - Node Discover Time
  (0) NO - Node Discover Options
  (0) CE - Coordinator Enable
  (1FFE) SC - Scan Channels
  (4) SD - Scan Duration
  (0) A1 - End Device Association
  (0) A2 - Coordinator Association
  (0) AI - Association Indication
Getting modem type....OK
Modem's firmware not updated
Setting AT parameters..OK
Write Parameters...Complete
COM3   9600 8-N-1  FLOW:NONE   XBP24  Ver:10ED
```

Vue d'écran 2


[COM14] X-CTU
Modem Parameter Profile Remote Configuration... Versions...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Modem Parameter and Firmware: Read | Write | Restore
Always Update Firmware
Parameter View: Clear Screen | Show Defaults
Profile: Save | Load
Versions: Download new versions...

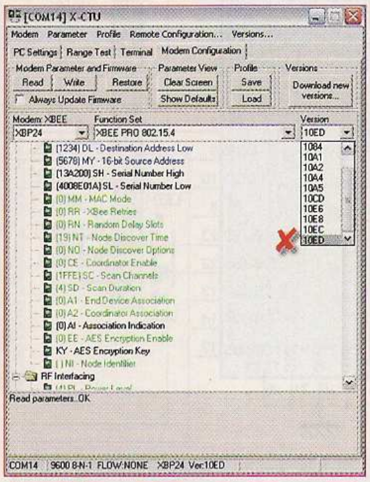
```
Modem: XBEE    Function Set           Version
XBP24          XBEE PRO 802.15.4      10ED
  (0) NB - Parity
  (3) RO - Packetization Timeout
  (0) AP - API Enable
I/O Settings
  (0) D8 - DI8 Configuration
  (1) D7 - DIO7 Configuration
  (0) D6 - DIO6 Configuration
  (1) D5 - DIO5 Configuration
  (0) D4 - DIO4 Configuration
  (0) D3 - DIO3 Configuration
  (0) D2 - DIO2 Configuration
  (0) D1 - DIO1 Configuration
  (0) D0 - DIO0 Configuration  0 - DISABLED
  (FF) PR - Pull-up Resistor En  0 - DISABLED
  (1) IU - I/O Output Enable     1 - NA
  (1) IT - Samples before TX     2 - ADC
  (0) IC - DIO Change Detect     3 - DI
  (0) IR - Sample Rate           4 - DO LOW
  (1) P0 - PWM0 Configuration    5 - DO HIGH
Configure options for the DIO0 line of the module. Options include: Analog to Digital
converter,Digital Input and Output.
COM14   9600 8-N-1  FLOW:NONE   XBP24  Ver:10ED
```

Vue d'écran 3


[COM14] X-CTU
Modem Parameter Profile Remote Configuration... Versions...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Modem Parameter and Firmware: Read | Write | Restore
Always Update Firmware
Parameter View: Clear Screen | Show Defaults
Profile: Save | Load
Versions: Download new versions...

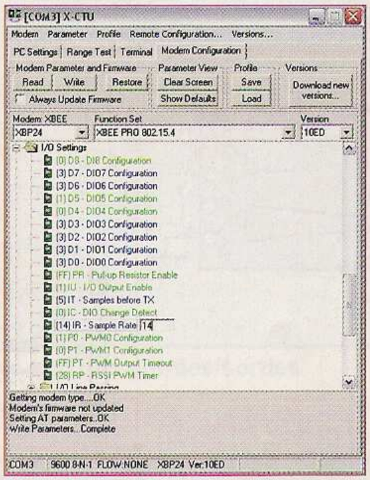
```
Modem: XBEE    Function Set           Version
XBP24          XBEE PRO 802.15.4      10ED
  (1) D7 - DIO7 Configuration
  (0) D6 - DIO6 Configuration
  (1) D5 - DIO5 Configuration
  (0) D4 - DIO4 Configuration
  (0) D3 - DIO3 Configuration
  (0) D2 - DIO2 Configuration
  (0) D1 - DIO1 Configuration
  (0) D0 - DIO0 Configuration
  (FF) PR - Pull-up Resistor Enable
  (1) IU - I/O Output Enable
  (1) IT - Samples before TX
  (0) IC - DIO Change Detect
  (0) IR - Sample Rate
  (1) P0 - PWM0 Configuration  1 - RSSI
  (0) P1 - PWM1 Configuration  0 - DISABLED
  (FF) PT - PWM Output Timeo   1 - RSSI
  (28) RP - RSSI PWM Timer     2 - PWM OUTPUT
I/O Line Passing
Diagnostics
Select/Read function for PWM0.
COM14   9600 8-N-1  FLOW:NONE   XBP24  Ver:10ED
```

Vue d'écran 4


[COM14] X-CTU
Modem Parameter Profile Remote Configuration... Versions...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Modem Parameter and Firmware: Read | Write | Restore
Always Update Firmware
Parameter View: Clear Screen | Show Defaults
Profile: Save | Load
Versions: Download new versions...

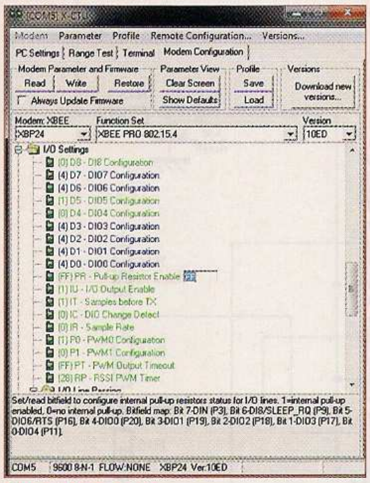
```
Modem: XBEE    Function Set           Version
XBP24          XBEE PRO 802.15.4      10ED
  (1234) DL - Destination Address Low     10B4
  (5678) MY - 16-bit Source Address       10A1
  (13A200) SH - Serial Number High        10A2
  (4008E01A) SL - Serial Number Low       10A4
  (0) MM - MAC Mode                       10A5
  (0) RR - XBee Retries                   10CD
  (0) RN - Random Delay Slots             10E6
  (19) NT - Node Discover Time            10E8
  (0) NO - Node Discover Options          10EC
  (0) CE - Coordinator Enable             10ED
  (1FFE) SC - Scan Channels
  (4) SD - Scan Duration
  (0) A1 - End Device Association
  (0) A2 - Coordinator Association
  (0) AI - Association Indication
  (0) EE - AES Encryption Enable
  KY - AES Encryption Key
  ( ) NI - Node Identifier
RF Interfacing
Read parameters...OK
COM14   9600 8-N-1  FLOW:NONE   XBP24  Ver:10ED
```

Vue d'écran 5


[COM3] X-CTU
Modem Parameter Profile Remote Configuration... Versions...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Modem Parameter and Firmware: Read | Write | Restore
Always Update Firmware
Parameter View: Clear Screen | Show Defaults
Profile: Save | Load
Versions: Download new versions...

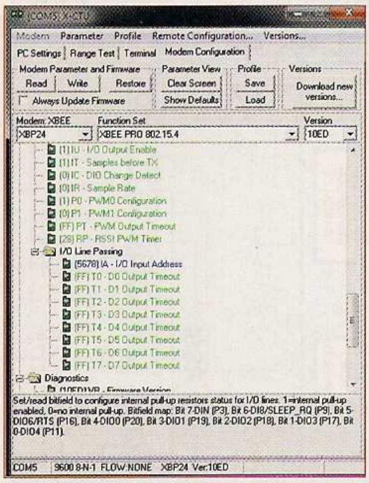
```
Modem: XBEE    Function Set           Version
XBP24          XBEE PRO 802.15.4      10ED
I/O Settings
  (0) D8 - DI8 Configuration
  (3) D7 - DIO7 Configuration
  (3) D6 - DIO6 Configuration
  (1) D5 - DIO5 Configuration
  (0) D4 - DIO4 Configuration
  (3) D3 - DIO3 Configuration
  (3) D2 - DIO2 Configuration
  (3) D1 - DIO1 Configuration
  (3) D0 - DIO0 Configuration
  (FF) PR - Pull-up Resistor Enable
  (1) IU - I/O Output Enable
  (5) IT - Samples before TX
  (0) IC - DIO Change Detect
  (14) IR - Sample Rate 14
  (1) P0 - PWM0 Configuration
  (0) P1 - PWM1 Configuration
  (FF) PT - PWM Output Timeout
  (28) RP - RSSI PWM Timer
Getting modem type....OK
Modem's firmware not updated
Setting AT parameters..OK
Write Parameters...Complete
COM3   9600 8-N-1  FLOW:NONE   XBP24  Ver:10ED
```

Vue d'écran 6


Modem Parameter Profile Remote Configuration... Versions...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Modem Parameter and Firmware: Read | Write | Restore
Always Update Firmware
Parameter View: Clear Screen | Show Defaults
Profile: Save | Load
Versions: Download new versions...

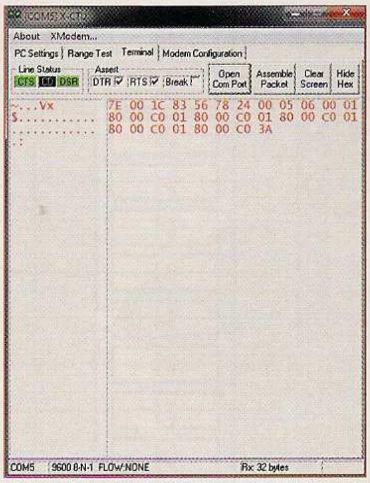
```
Modem: XBEE    Function Set           Version
XBP24          XBEE PRO 802.15.4      10ED
I/O Settings
  (0) D8 - DI8 Configuration
  (4) D7 - DIO7 Configuration
  (4) D6 - DIO6 Configuration
  (1) D5 - DIO5 Configuration
  (0) D4 - DIO4 Configuration
  (4) D3 - DIO3 Configuration
  (4) D2 - DIO2 Configuration
  (4) D1 - DIO1 Configuration
  (4) D0 - DIO0 Configuration
  (FF) PR - Pull-up Resistor Enable 23
  (1) IU - I/O Output Enable
  (1) IT - Samples before TX
  (0) IC - DIO Change Detect
  (0) IR - Sample Rate
  (1) P0 - PWM0 Configuration
  (0) P1 - PWM1 Configuration
  (FF) PT - PWM Output Timeout
  (28) RP - RSSI PWM Timer
Set/read bitfield to configure internal pull-up resistors status for I/O lines. 1=internal pull-up
enabled, 0=no internal pull-up. Bitfield map: Bit 7-DIN (P3), Bit 6-DI8/SLEEP_RQ (P9), Bit 5-
DIO6/RTS (P16), Bit 4-DIO0 (P20), Bit 3-DIO1 (P19), Bit 2-DIO2 (P18), Bit 1-DIO3 (P17), Bit
0-DIO4 (P11).
COM5   9600 8-N-1  FLOW:NONE   XBP24  Ver:10ED
```

Vue d'écran 7


Modem Parameter Profile Remote Configuration... Versions...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Modem Parameter and Firmware: Read | Write | Restore
Always Update Firmware
Parameter View: Clear Screen | Show Defaults
Profile: Save | Load
Versions: Download new versions...

```
Modem: XBEE    Function Set           Version
XBP24          XBEE PRO 802.15.4      10ED
  (1) IU - I/O Output Enable
  (1) IT - Samples before TX
  (0) IC - DIO Change Detect
  (0) IR - Sample Rate
  (1) P0 - PWM0 Configuration
  (0) P1 - PWM1 Configuration
  (FF) PT - PWM Output Timeout
  (28) RP - RSSI PWM Timer
I/O Line Passing
    (5678) IA - I/O Input Address
    (FF) T0 - D0 Output Timeout
    (FF) T1 - D1 Output Timeout
    (FF) T2 - D2 Output Timeout
    (FF) T3 - D3 Output Timeout
    (FF) T4 - D4 Output Timeout
    (FF) T5 - D5 Output Timeout
    (FF) T6 - D6 Output Timeout
    (FF) T7 - D7 Output Timeout
Diagnostics
Set/read bitfield to configure internal pull-up resistors status for I/O lines. 1=internal pull-up
enabled, 0=no internal pull-up. Bitfield map: Bit 7-DIN (P3), Bit 6-DI8/SLEEP_RQ (P9), Bit 5-
DIO6/RTS (P16), Bit 4-DIO0 (P20), Bit 3-DIO1 (P19), Bit 2-DIO2 (P18), Bit 1-DIO3 (P17), Bit
0-DIO4 (P11).
COM5   9600 8-N-1  FLOW:NONE   XBP24  Ver:10ED
```

Vue d'écran 8


About XModem...
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Line Status: CTS CD DSR
Assert: DTR ☑ RTS ☑ Break ☐
Open Com Port | Assemble Packet | Clear Screen | Hide Hex

```
~...Vx          7E 00 1C 83 56 78 24 00 05 06 00 01
$............   80 00 C0 01 80 00 C0 01 80 00 C0 01
.............   80 00 C0 01 80 00 C0 3A
..
COM5   9600 8-N-1  FLOW:NONE            Rx: 32 bytes
```

Vue d'écran 9

donnant l'adresse du module «émetteur» pouvant modifier l'état des sorties

- Pour le récepteur → IA = 5678 (**vue d'écran 8**)

6/ Configuration du paramètre IU à 1 permettant la sortie des données de l'UART, qui peuvent ainsi être lues sur l'écran par l'utilisateur

Entrées/sorties analogiques

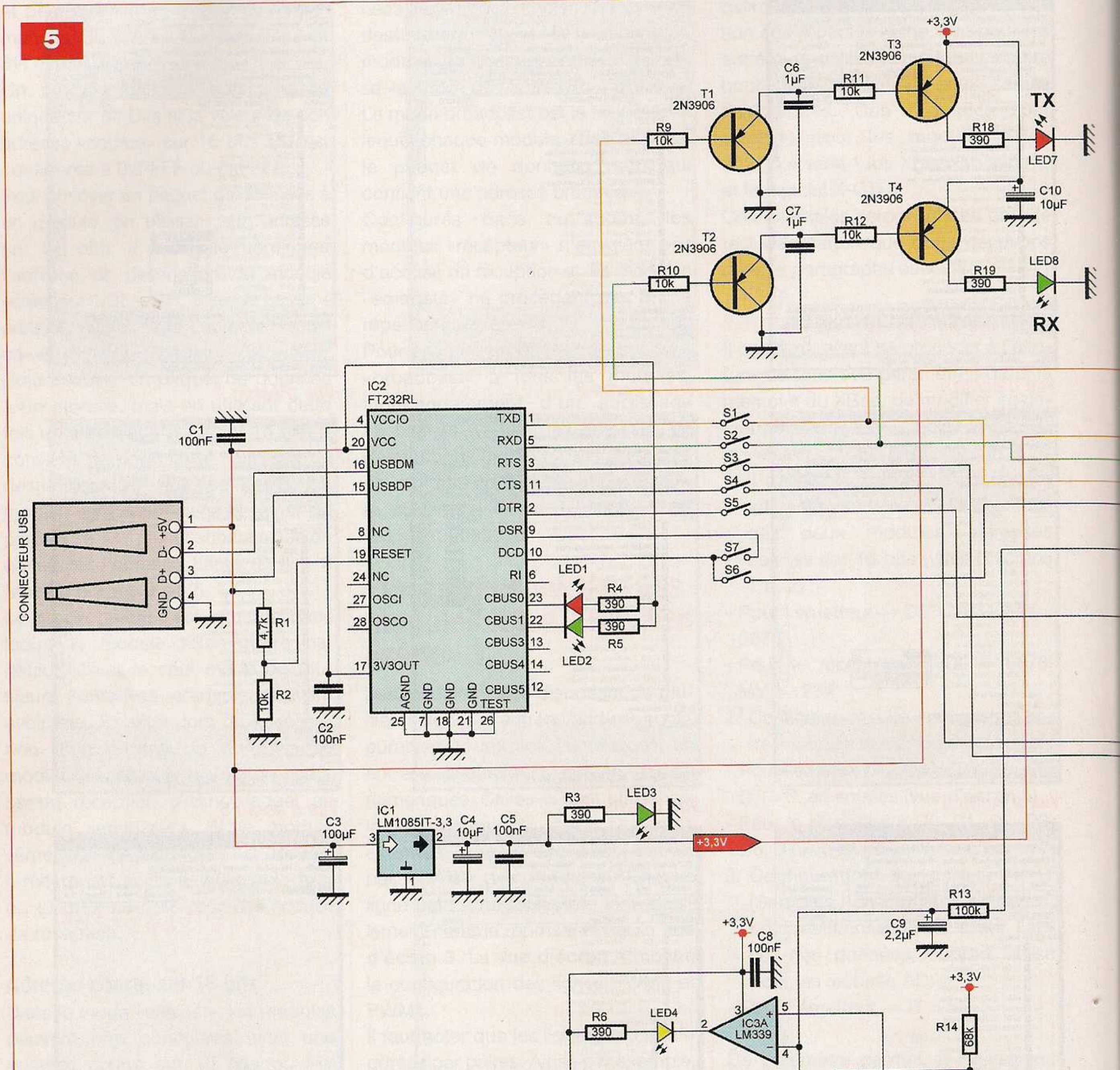
Toutes les configurations que nous venons de voir pour les entrées et sorties numériques sont à appliquer pour les entrées et sorties analogiques, sauf le point 2, dont les paramètres à modifier sont les suivants :

2/ Configuration des lignes d'entrées/sorties par les paramètres Dx, P0 et P1 :

- Pour l'émetteur → DIO0 = 2 et DIO1 = 2, entrées ADC
- Pour le récepteur → P0 = 2 et P1 = 2, sorties PWM

La suite d'octets visible sur la **vue d'écran 9** (terminal du logiciel

5


+3,3V
T3
2N3906
T1
2N3906
C6
1µF
R11
10k
TX
R9
10k
R18
390
LED7
T4
2N3906
C10
10µF
C7
1µF
R12
10k
T2
2N3906
LED8
R10
10k
R19
390
RX
IC2
FT232RL
C1
100nF
4 VCCIO
20 VCC
16 USBDM
15 USBDP
8 NC
19 RESET
24 NC
27 OSCI
28 OSCO
17 3V3OUT
TXD 1
RXD 5
RTS 3
CTS 11
DTR 2
DSR 9
DCD 10
RI 6
CBUS0 23
CBUS1 22
CBUS3 13
CBUS4 14
CBUS5 12
TEST
AGND
GND
25 7 18 21 26
S1
S2
S3
S4
S5
S7
S6
LED1
R4
390
R5
390
LED2
CONNECTEUR USB
+5V 1
D- 2
D+ 3
GND 4
R1
4,7k
R2
10k
C2
100nF
R3
390
LED3
+3,3V
IC1
LM1085IT-3,3
C3
100µF
C4
10µF
C5
100nF
R13
100k
C9
2,2µF
+3,3V
C8
100nF
RSSI
R6
390
LED4
IC3A
LM339
R7
390
LED5
IC3B
LM339
R8
390
LED6
IC3C
LM339
IC3D
LM339
+3,3V
R14
68k
R15
56k
R16
56k
R17
150k

X-CTU) émanant du XBee «récepteur» et correspondant à la lecture de deux entrées analogiques, s'explique de la manière suivante :

7E → octet de départ

00 1C → nombre d'octets

83 → octet d'identification API pour données A/D sur 16 bits (octet 83 pour données A/D 64 bits)

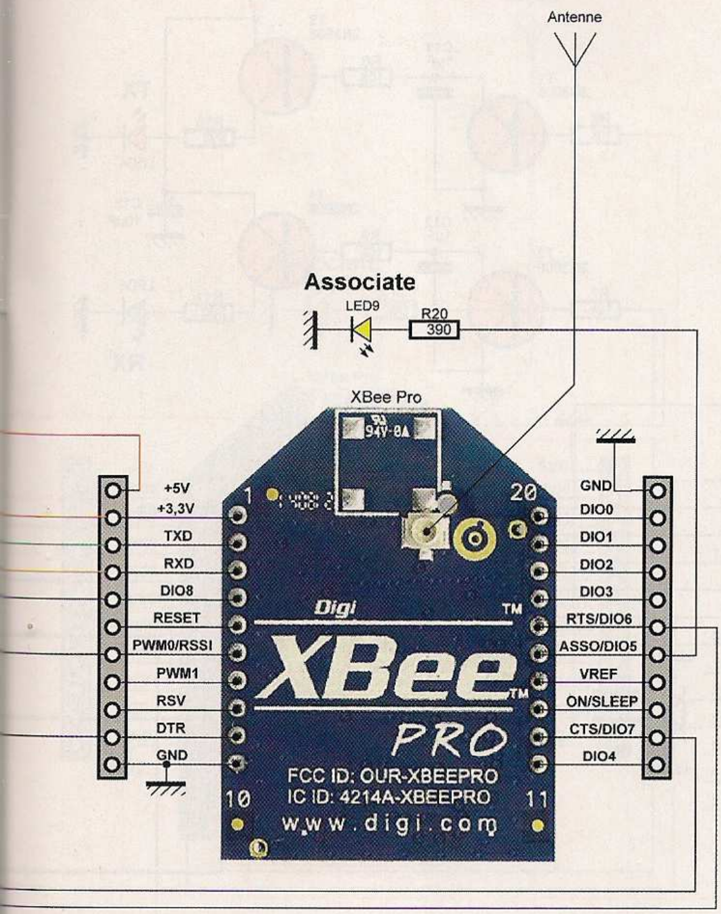
56 78 → adresse «source»

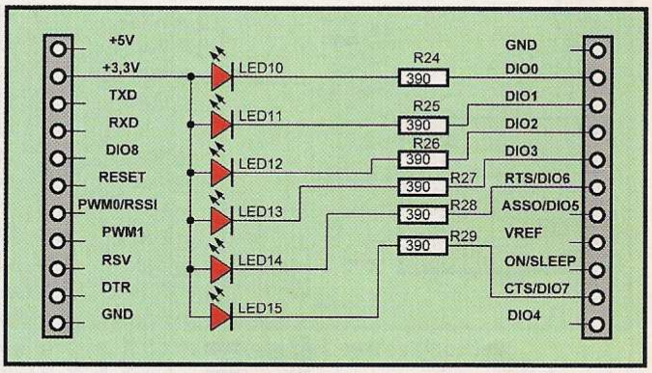
24 → indicateur RSSI (niveau du signal de réception)

00 → octet d'option

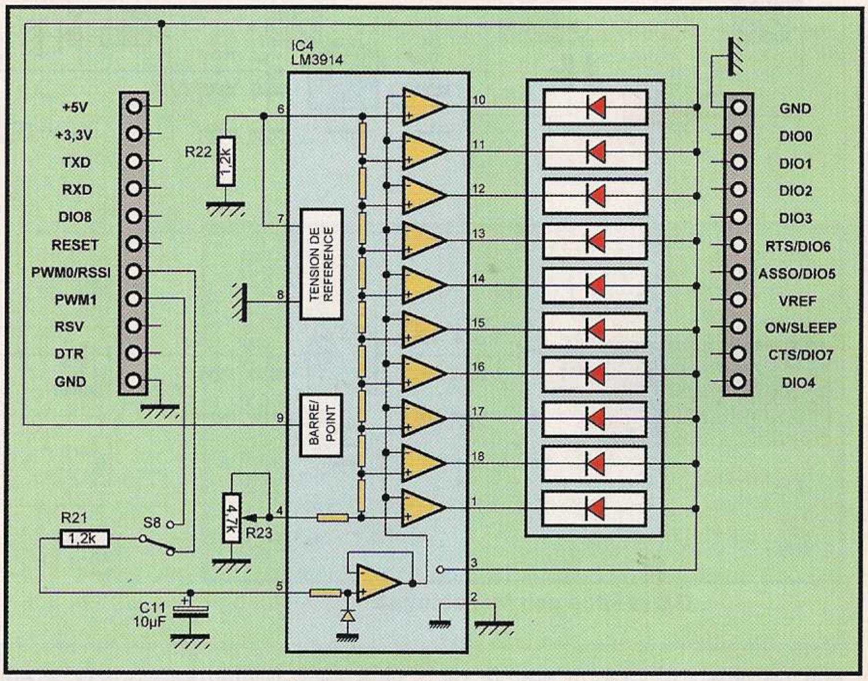
05 → nombre d'échantillons

06 00 → indicateur du canal


Antenne
Associate
LED9
R20
390
XBee Pro
+5V
+3,3V
TXD
RXD
DIO8
RESET
PWM0/RSSI
PWM1
RSV
DTR
GND
GND
DIO0
DIO1
DIO2
DIO3
RTS/DIO6
ASSO/DIO5
VREF
ON/SLEEP
CTS/DIO7
DIO4
1
20
10
11
Digi
XBee
PRO
FCC ID: OUR-XBEEPRO
IC ID: 4214A-XBEEPRO
www.digi.com


+5V
+3,3V
TXD
RXD
DIO8
RESET
PWM0/RSSI
PWM1
RSV
DTR
GND
LED10
LED11
LED12
LED13
LED14
LED15
R24
390
R25
390
R26
390
R27
390
R28
390
R29
390
GND
DIO0
DIO1
DIO2
DIO3
RTS/DIO6
ASSO/DIO5
VREF
ON/SLEEP
CTS/DIO7
DIO4

Carte de test des entrées/sorties


IC4
LM3914
+5V
+3,3V
TXD
RXD
DIO8
RESET
PWM0/RSSI
PWM1
RSV
DTR
GND
R22
1,2k
TENSION DE REFERENCE
BARRE/POINT
R21
1,2k
S8
4,7k
R23
C11
10µF
GND
DIO0
DIO1
DIO2
DIO3
RTS/DIO6
ASSO/DIO5
VREF
ON/SLEEP
CTS/DIO7
DIO4
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

Carte de test des sorties PWM

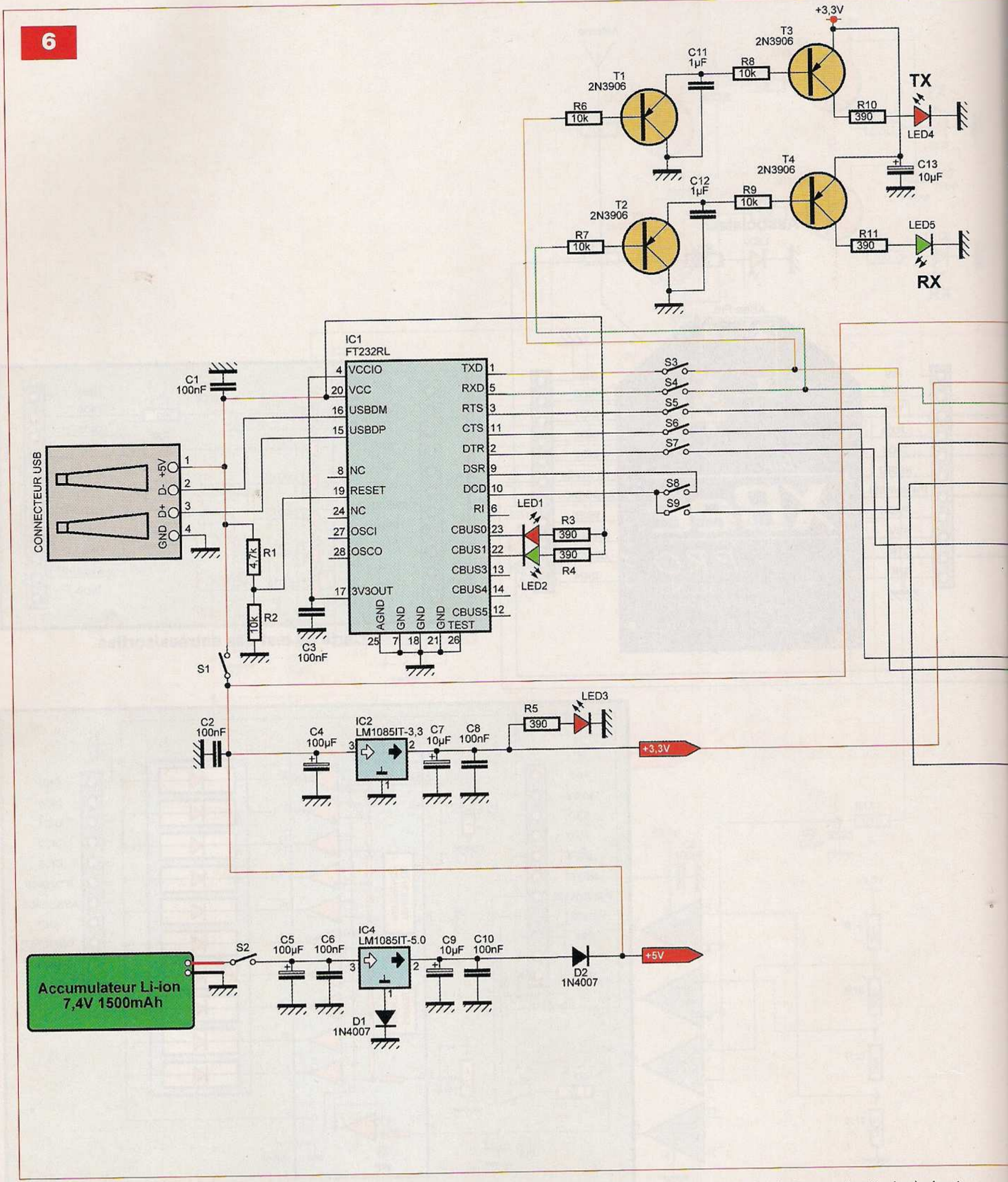
01 80 00 C0 (résultats de la lecture de deux canaux ADC, cinq fois de suite, car le paramètre IT = 5) → résultats des lectures A/D sur deux canaux **3A** → check sum

Les schémas théoriques

Le schéma théorique de la première platine, que nous appellerons platine de «base», est représenté en **figure 5**. C'est elle qui reste connectée à l'ordinateur, afin de pouvoir visualiser les données reçues.

L'interface entre le port USB et le module XBee est assurée par un cir-

6

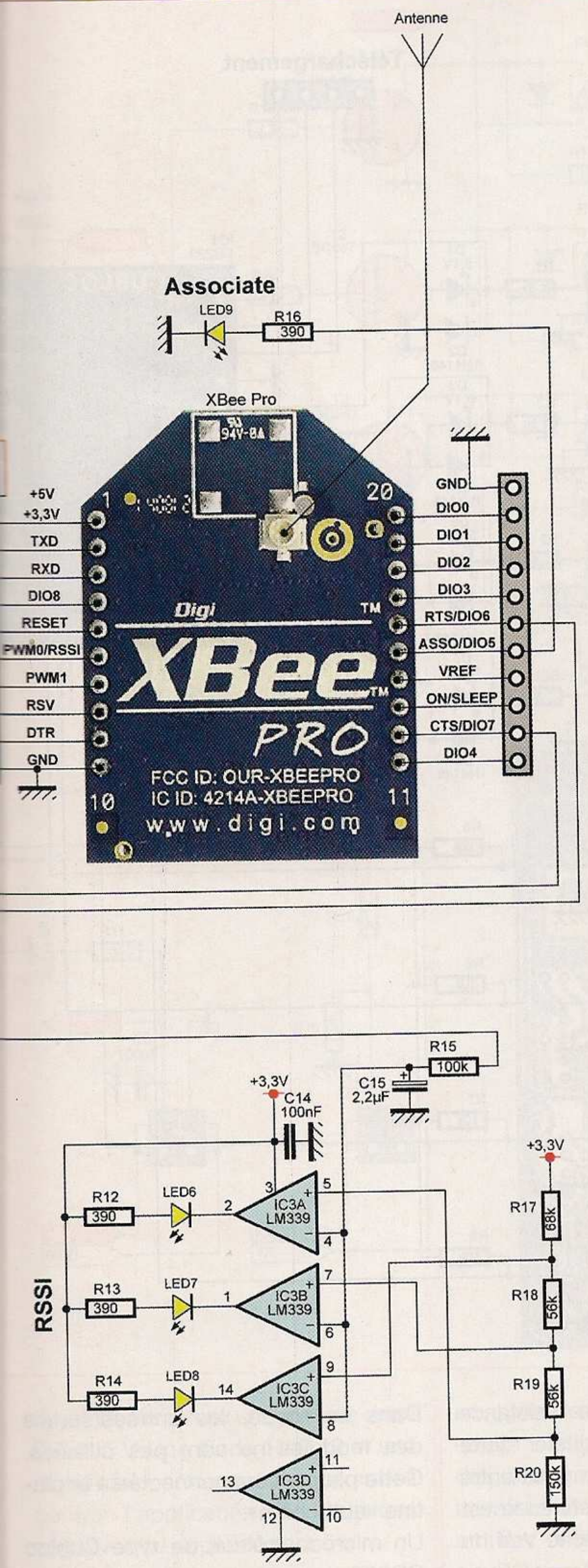

+3,3V
T3
2N3906
T1
2N3906
C11
1µF
R8
10k
R6
10k
R10
390
TX
LED4
T4
2N3906
C13
10µF
C12
1µF
R9
10k
T2
2N3906
R7
10k
LED5
R11
390
RX
IC1
FT232RL
4 VCCIO
20 VCC
16 USBDM
15 USBDP
8 NC
19 RESET
24 NC
27 OSCI
28 OSCO
17 3V3OUT
AGND
GND
GND
GND
25 7 18 21 26
TEST
TXD 1
RXD 5
RTS 3
CTS 11
DTR 2
DSR 9
DCD 10
RI 6
CBUS0 23
CBUS1 22
CBUS3 13
CBUS4 14
CBUS5 12
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
LED1
R3
390
390
R4
LED2
C1
100nF
CONNECTEUR USB
+5V
D-
D+
GND
1
2
3
4
R1
4,7k
R2
10k
C3
100nF
S1
C2
100nF
C4
100µF
IC2
LM1085IT-3,3
C7
10µF
C8
100nF
R5
390
LED3
+3,3V
Accumulateur Li-ion
7,4V 1500mAh
S2
C5
100µF
C6
100nF
IC4
LM1085IT-5.0
C9
10µF
C10
100nF
D1
1N4007
D2
1N4007
+5V

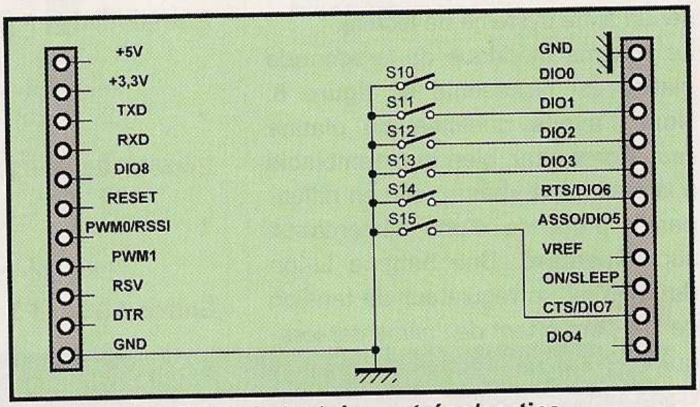
cuit de type FT232RL. Il permet de disposer de tous les signaux d'une interface «série» RS232 et, cela, à un niveau de tension acceptable par le module (3,3 V).

Deux leds (LED1 et LED2) visualisent l'échange des données (TX et RX) entre le port USB et le XBee.

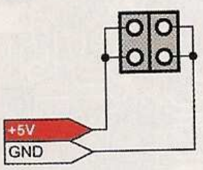
Une série d'interrupteurs (S1 à S6) permet d'isoler le module des lignes du port «série», tout en conservant l'alimentation 5 V délivrée par le port USB. Pour une raison quelconque, si nous souhaitions un fonctionnement autonome (sans ordinateur) de la platine, il suffirait de prévoir une alimentation de 5 V (piles ou batteries) dont le point d'entrée serait réalisé sur le connecteur USB.

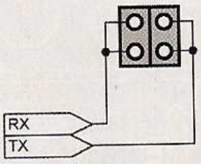
Un circuit constitué de quatre transistors T1 à T4 permet, également, la visualisation des données «entrantes» et «sortantes» de l'UART du module XBee.

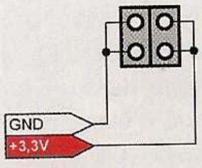

Antenne
Associate
LED9
R16
390
XBee Pro
+5V
+3,3V
TXD
RXD
DIO8
RESET
PWM0/RSSI
PWM1
RSV
DTR
GND
GND
DIO0
DIO1
DIO2
DIO3
RTS/DIO6
ASSO/DIO5
VREF
ON/SLEEP
CTS/DIO7
DIO4
Digi
XBee PRO
FCC ID: OUR-XBEEPRO
IC ID: 4214A-XBEEPRO
www.digi.com
1
20
10
11
R15
100k
C15
2,2µF
+3,3V
C14
100nF
RSSI
R12
390
LED6
IC3A LM339
R13
390
LED7
IC3B LM339
R14
390
LED8
IC3C LM339
IC3D LM339
+3,3V
R17
68k
R18
56k
R19
56k
R20
150k

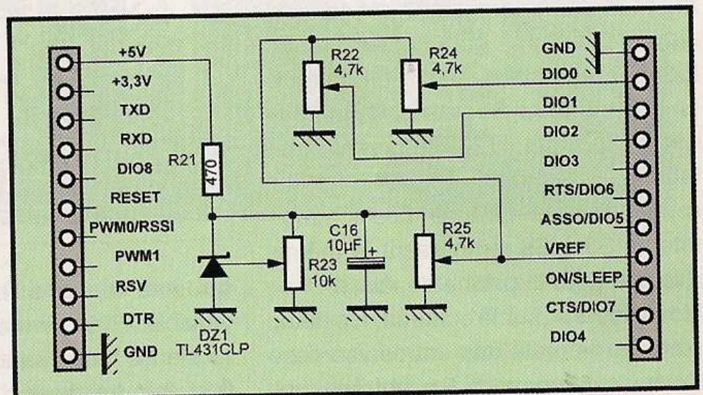

+5V
+3,3V
TXD
RXD
DIO8
RESET
PWM0/RSSI
PWM1
RSV
DTR
GND
S10
S11
S12
S13
S14
S15
GND
DIO0
DIO1
DIO2
DIO3
RTS/DIO6
ASSO/DIO5
VREF
ON/SLEEP
CTS/DIO7
DIO4

Carte de test des entrées/sorties








+5V
+3,3V
TXD
RXD
DIO8
RESET
PWM0/RSSI
PWM1
RSV
DTR
GND
R22
4,7k
R24
4,7k
R21
470
C16
10µF
R23
10k
R25
4,7k
DZ1
TL431CLP
GND
DIO0
DIO1
DIO2
DIO3
RTS/DIO6
ASSO/DIO5
VREF
ON/SLEEP
CTS/DIO7
DIO4

Carte de test des entrées AD

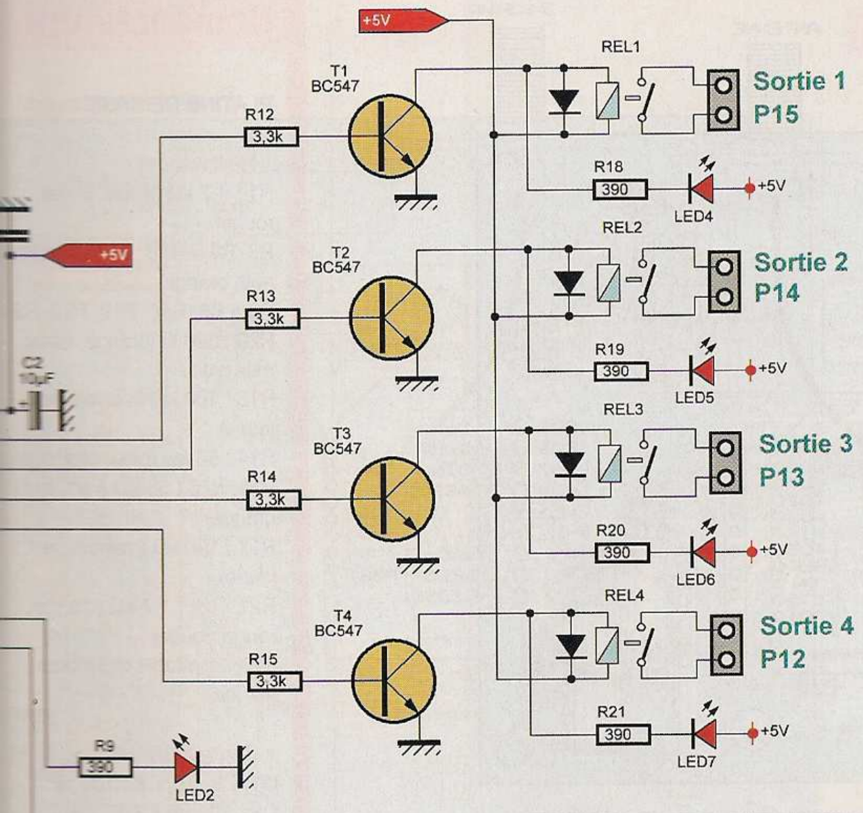
L'indicateur RSSI (Received Signal Strength Indication, indicateur de niveau du signal reçu) est centré autour du quadruple comparateur de type LM339.

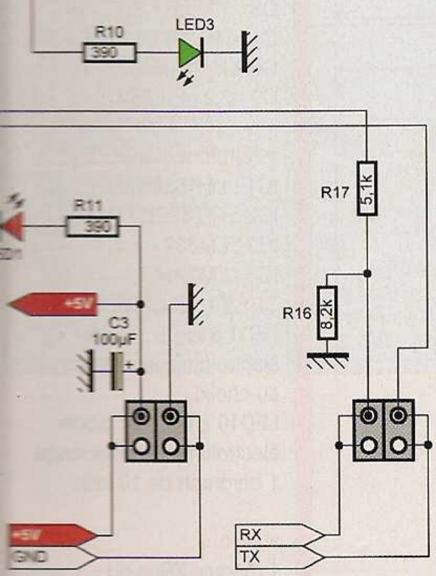
Le signal PWM, disponible sur la broche 6 du XBee, est intégré par le réseau RC (100 kΩ et 2,2 µF), puis appliqué aux trois comparateurs IC3. La platine est alimentée sous une tension de 3,3 V, générée par IC1 de type LM1085IT-3.3, qui est un régulateur à faible tension de déchet.

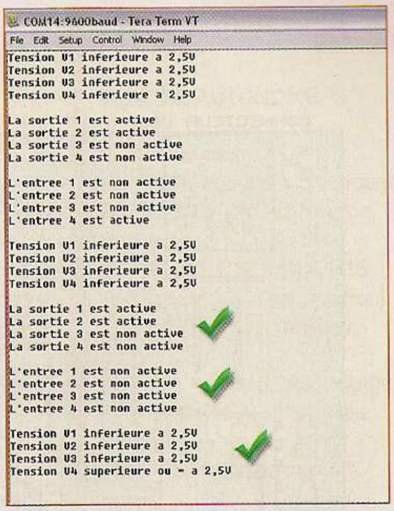
Deux petites platines complémentaires ont été prévues : l'une pour le test des entrées/sorties numériques et l'autre pour la lecture des entrées/sorties analogiques. Là, ce sont les sorties qui sont testées.

La visualisation du niveau logique des sorties numériques s'effectue, simplement, au moyen de leds, limitées en courant par une résistance de 390 Ω.

La lecture des sorties analogiques, un


+5V
REL1
T1
BC547
R12
3,3k
Sortie 1
P15
R18
390
LED4
+5V
+5V
REL2
T2
BC547
R13
3,3k
Sortie 2
P14
C2
10µF
R19
390
LED5
+5V
REL3
T3
BC547
R14
3,3k
Sortie 3
P13
R20
390
LED6
+5V
REL4
T4
BC547
R15
3,3k
Sortie 4
P12
R21
390
LED7
+5V
R9
390
LED2

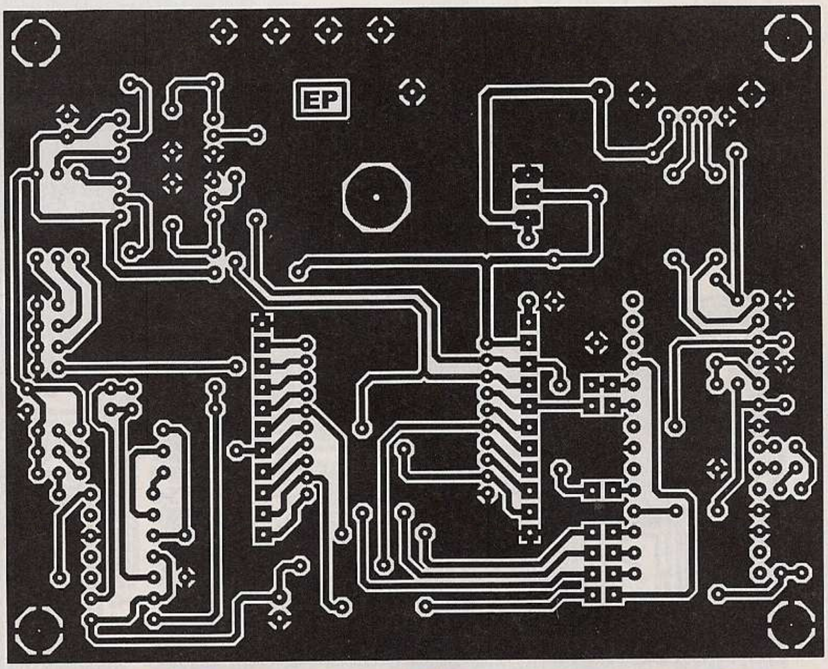

R10
390
LED3
R11
390
R17
5,1k
R16
8,2k
+5V
C3
100µF
+5V
GND
RX
TX


COM14:9600baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help

```
Tension U1 inferieure a 2,5U
Tension U2 inferieure a 2,5U
Tension U3 inferieure a 2,5U
Tension U4 inferieure a 2,5U

La sortie 1 est active
La sortie 2 est active
La sortie 3 est non active
La sortie 4 est non active

L'entree 1 est non active
L'entree 2 est non active
L'entree 3 est non active
L'entree 4 est active

Tension U1 inferieure a 2,5U
Tension U2 inferieure a 2,5U
Tension U3 inferieure a 2,5U
Tension U4 inferieure a 2,5U

La sortie 1 est active
La sortie 2 est active
La sortie 3 est non active
La sortie 4 est non active

L'entree 1 est non active
L'entree 2 est non active
L'entree 3 est non active
L'entree 4 est non active

Tension U1 inferieure a 2,5U
Tension U2 inferieure a 2,5U
Tension U3 inferieure a 2,5U
Tension U4 superieure ou = a 2,5U
```

Vue d'écran 10

8



ives dont le niveau est compris entre V et 5 V. Une diode 1N4148 et une diode zéner protègent chaque entrée contre l'application de tensions négatives ou supérieures à 5 V

programme qui sera téléchargé ans le microcontrôleur permettra, par appui sur les touches 1 à 4 du cla- er de l'ordinateur auquel est reliée la atine de base, la mise en fonction du lais correspondant. Un appui sur la ême touche provoquera sa mise ors» fonction. A chaque commande envoyée, des indications sur l'état des quatre sorties numériques, sur l'état des quatre entrées numériques et sur la valeur des tensions appliquées aux entrées analogiques sont renvoyées au PC qui affiche ces données sur l'écran du terminal.

La **vue d'écran 10** montre sous quelle forme sont reçues ces données.

Si vous ne souhaitez pas commander un relais, mais procéder à une lecture des sorties et des entrées, il suffit d'appuyer sur la touche 0.

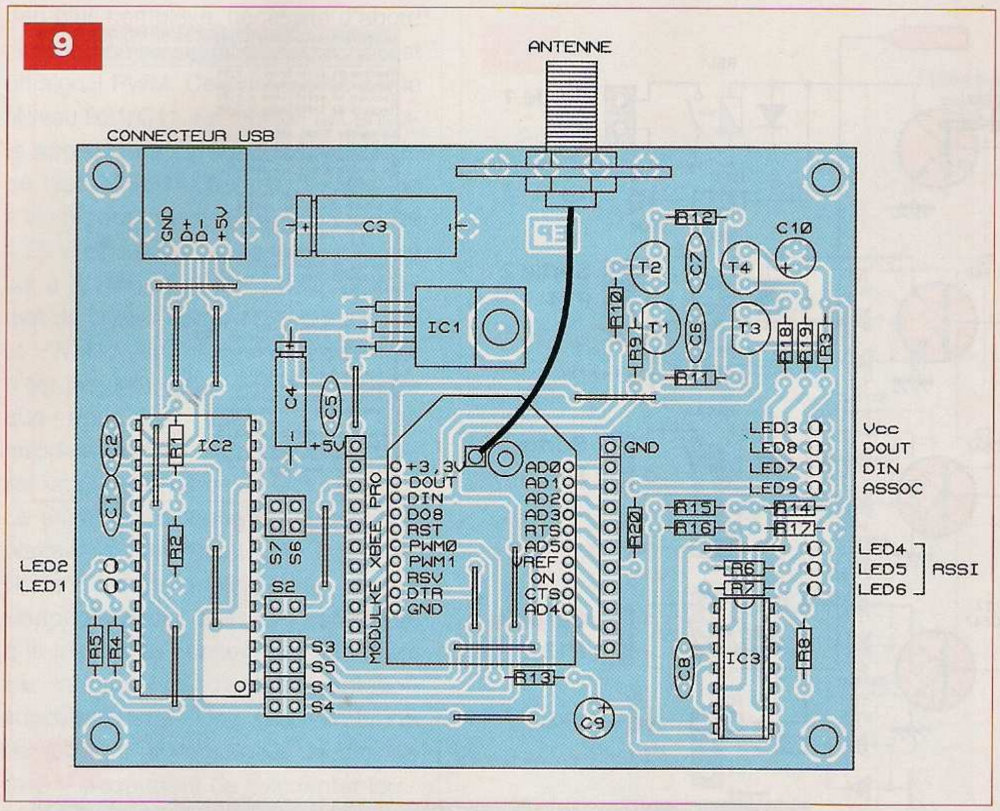
Les entrées numériques P20 à P23 sont également les entrées d'interruptions INT0 à INT3. On peut alors également, par modification du programme, obtenir une lecture automatique des entrées, si un évènement externe intervient.

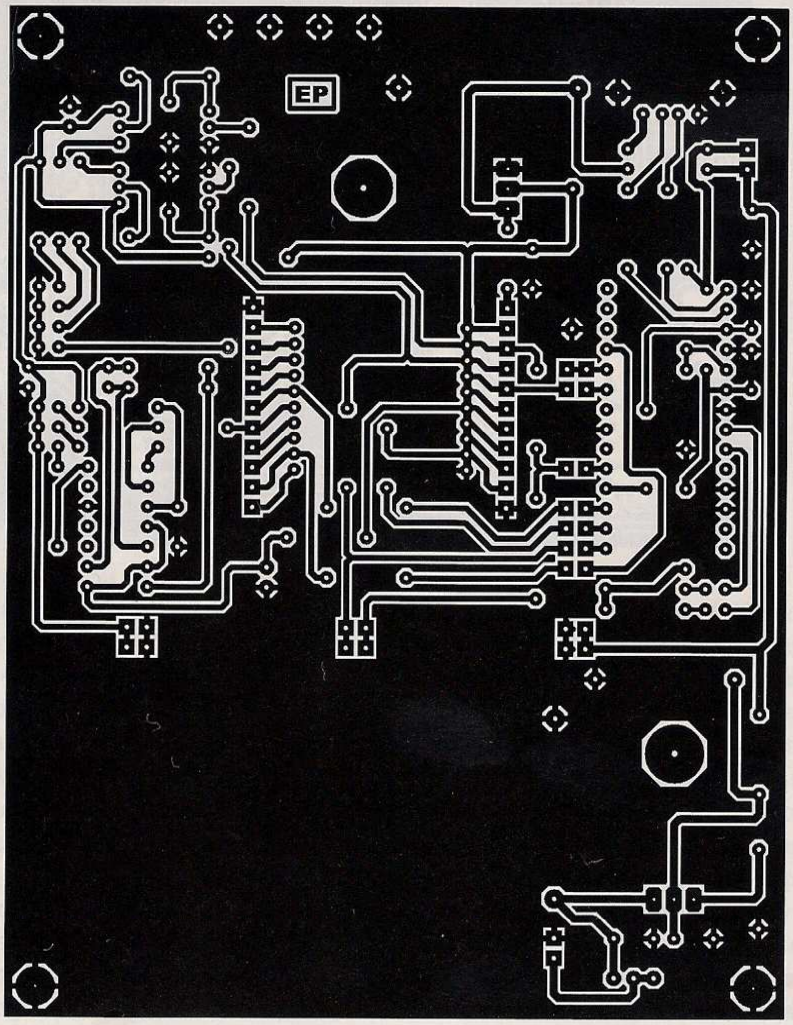
La réalisation

Les liaisons cuivrées des circuits imprimés sont représentées :

- en **figure 8** pour le circuit imprimé de la platine de «base», en **figure 9** pour l'implantation des composants

9


ANTENNE
CONNECTEUR USB
GND
D+
D-
+5V
C3
IC1
C4
C5
+5V
IC2
R1
R2
C1
C2
LED2
LED1
R5
R4
S7
S6
S2
S3
S5
S1
S4
MODULKE XBEE PRO
+3,3V
DOUT
DIN
DO8
RST
PWM0
PWM1
RSV
DTR
GND
AD0
AD1
AD2
AD3
RTS
AD5
VREF
ON
CTS
AD4
GND
R12
C10
T2
C7
T4
R10
T1
C6
T3
R9
R11
R18
R19
R3
LED3
LED8
LED7
LED9
Vcc
DOUT
DIN
ASSOC
R15
R16
R14
R17
R20
R6
R7
LED4
LED5
LED6
RSSI
IC3
R8
C8
R13
C9
EP



10

Nomenclature

PLATINE DE BASE

• Résistances

R1 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
R2, R9 à R12 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R3 à R8, R18, R19, R20, R24 à R29 : 390 Ω (orange, blanc, marron)
R13 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R14 : 68 kΩ (bleu, gris, orange)
R15, R16 : 56 kΩ (vert, bleu, orange)
R17 : 150 kΩ (marron, vert, jaune)
R21, R22 : 1,2 kΩ (marron, rouge, rouge)
R23 : ajustable multitours 4,7 kΩ

• Condensateurs

C1, C2, C5, C8 : 100 nF
C3 : 100 µF / 25V
C4, C10, C11 : 10 µF / 25V
C6, C7 : 1 µF
C9 : 2,2 µF / 25V

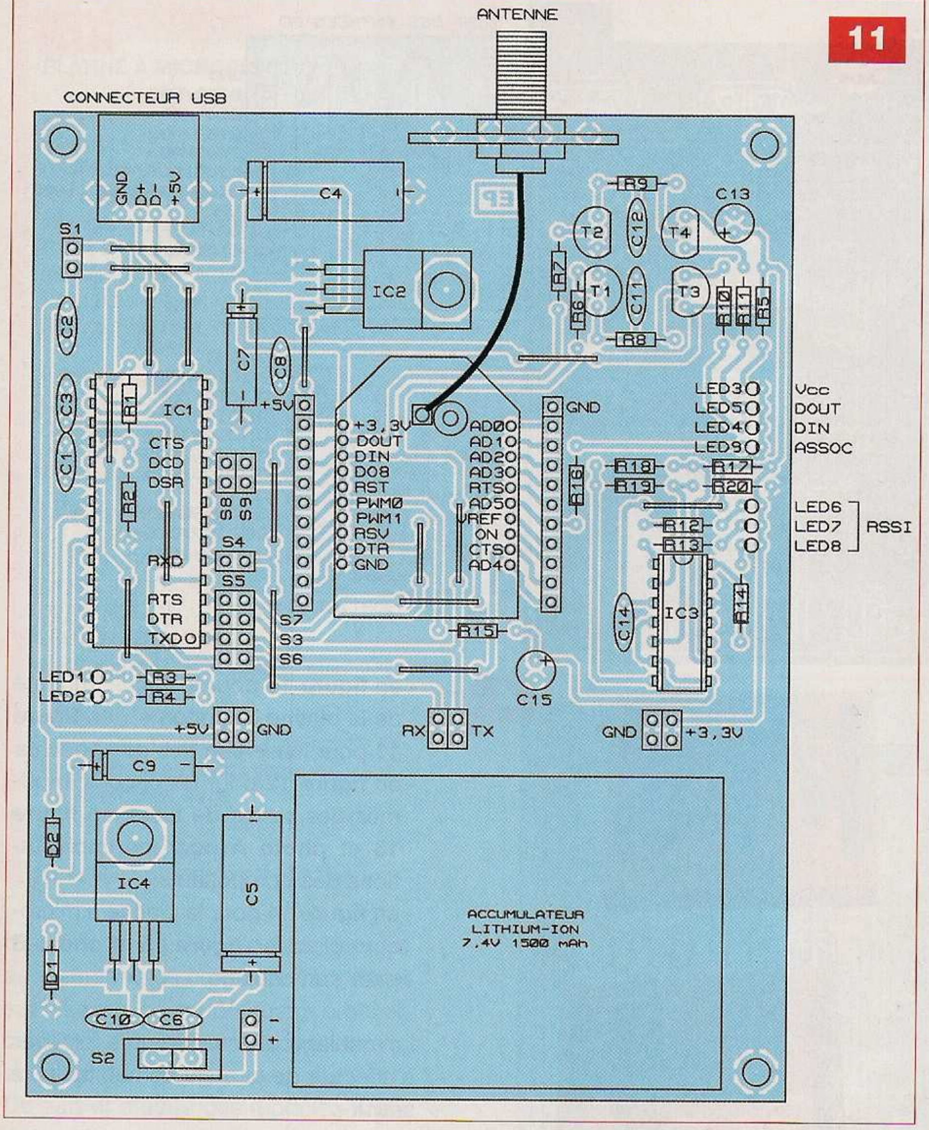
• Semiconducteurs

IC1 : LM1085IT-3.3
IC2 : FT232RL
IC3 : LM339
IC4 : LM3914
T1 à T4 : 2N3906, BC557
LED1 à LED9 : diode électroluminescente (couleur au choix)
LED10 à LED15 : diode électroluminescente rouge
1 bargraph de 10 leds

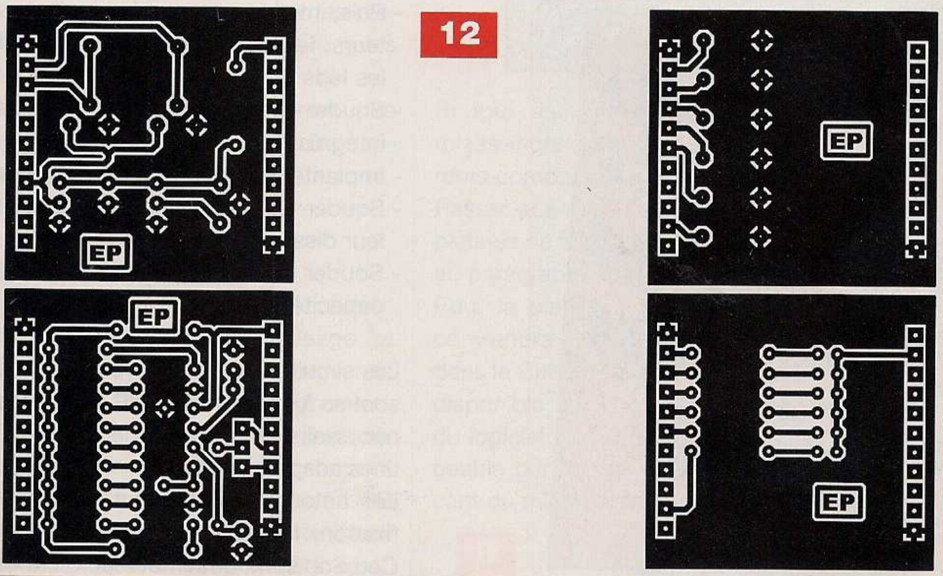
• Divers

1 module XBee ou 0XBee Pro série 1
1 antenne 2,4 GHz
1 câble connecteur UFL/SMA
1 support pour circuit intégré à 14 broches
1 support pour circuit intégré à 18 broches
1 support pour circuit intégré à 28 broches, large
1 platine, «adaptateur» SSOP28 à DIP28
1 dissipateur thermique pour boîtier TO220
Barrette sécable de support femelle pour broches carrées
Barrette sécable de broches carrées
2 connecteurs au pas de 2 mm pour module XBee
Cavaliers
1 connecteur USB-A femelle

11


ANTENNE
CONNECTEUR USB
GND
D-
D+
+5V
S1
C4
R9
C13
T2
C12
T4
IC2
R7
T1
C11
T3
R10
R11
R5
R6
R8
C2
C7
C8
+5V
C3
IC1
R1
C1
CTS
DCD
DSR
R2
S8
S9
RXD
S4
S5
RTS
DTR
TXD
S7
S3
S6
+3,3V
DOUT
DIN
DO8
RST
PWM0
PWM1
RSV
DTR
GND
AD0
AD1
AD2
AD3
RTS
AD5
VREF
ON
CTS
AD4
GND
R16
LED3
LED5
LED4
LED9
Vcc
DOUT
DIN
ASSOC
R18
R19
R17
R20
LED6
LED7
LED8
RSSI
R12
R13
IC3
C14
R14
R15
C15
LED1
LED2
R3
R4
+5V
GND
RX
TX
GND
+3,3V
C9
D2
IC4
C5
ACCUMULATEUR
LITHIUM-ION
7,4V 1500 mAh
D1
C10
C6
S2

12



Nomenclature

PLATINE AUTONOME

• Résistances

R1 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
R2, R6 à R9 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R3, R4, R5, R10 à R14, R16 : 390 Ω (orange, blanc, marron)
R15 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R17 : 68 kΩ (bleu, gris, orange)
R18, R19 : 56 kΩ (vert, bleu, orange)
R20 : 150 kΩ (marron, vert, jaune)
R21 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
R22, R24 : ajustable 4,7 kΩ (couché)
R23 : ajustable multitours 10 kΩ
R25 : ajustable multitours 4,7 kΩ

• Condensateurs

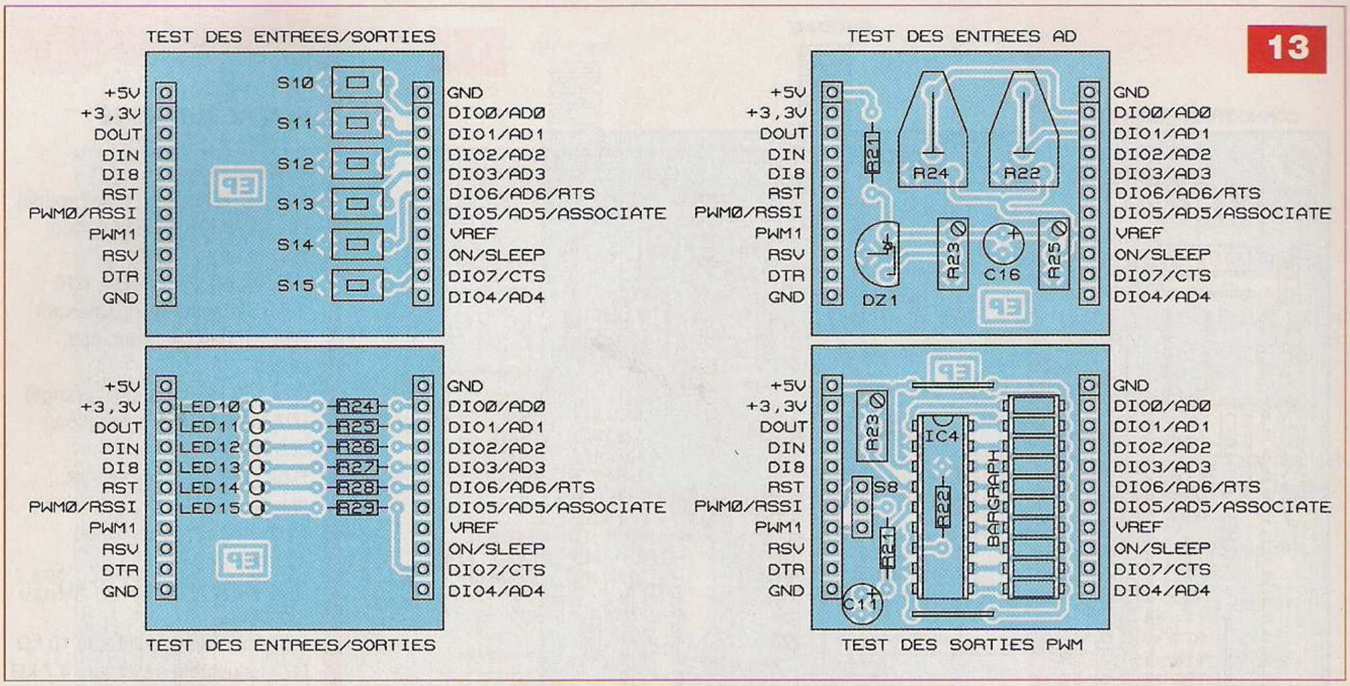
C1, C2, C3, C6, C8, C10, C14 : 100 nF
C4, C5 : 100 µF / 25V
C7, C9, C13, C16 : 10 µF / 25V
C11, C12 : 1 µF
C15 : 2,2 µF / 25V

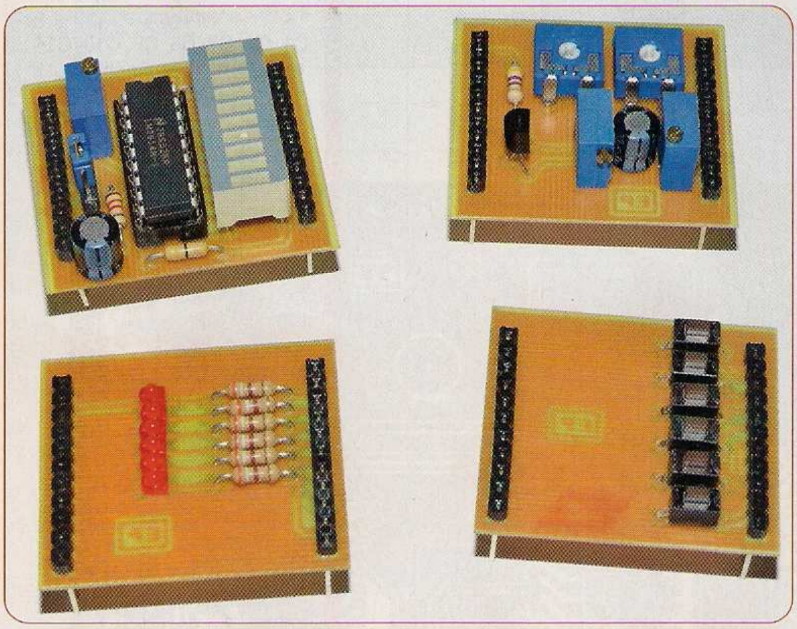
• Semiconducteurs

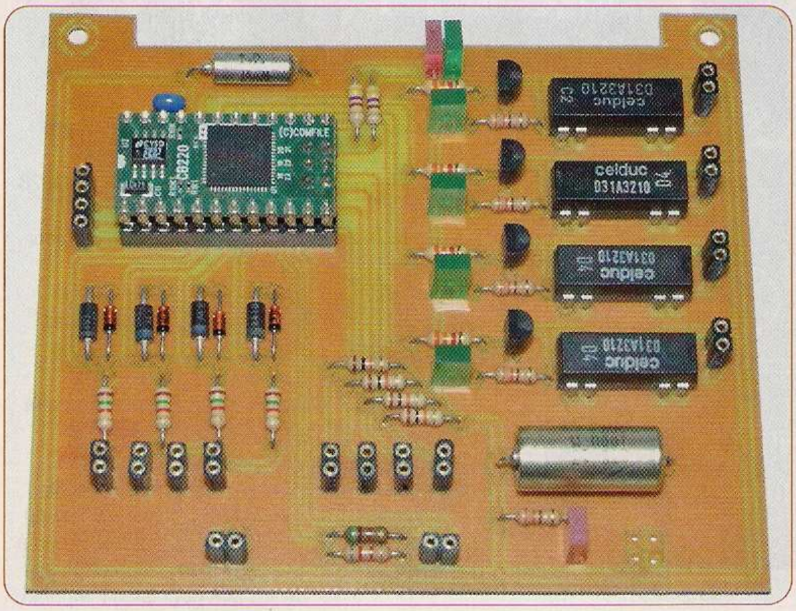
IC1 : FT232RL
IC2 : LM1085IT-3.3
IC3 : LM339
IC4 : LM1085IT-5
T1 à T4 : 2N3906, BC557
LED1 à LED9 : diode électroluminescente (couleur au choix)
D1, D2 : 1N4007
DZ1 : TL431CLP

• Divers

- 1 module XBee ou XBee Pro série 1
- 1 antenne 2,4 GHz
- 1 câble connecteur UFL/SMA
- 1 support pour circuit intégré à 14 broches
- 1 support pour circuit intégré à 28 broches large
- 1 platine, «adaptateur» SSOP28 à DIP28
- 2 dissipateurs thermiques pour boîtier TO220
- Barrette sécable de support femelle pour broches carrées
- Barrette sécable de broches carrées
- 2 connecteurs au pas de 2 mm pour module XBee
- Cavaliers
- 1 connecteur USB-A femelle
- 1 inverseur, 1 circuit, au pas de 2,54 mm, pour circuit imprimé
- S10 à S15 : interrupteur au pas de 7,5 mm pour circuit imprimé


13
TEST DES ENTREES/SORTIES
+5V
+3,3V
DOUT
DIN
DI8
RST
PWM0/RSSI
PWM1
RSV
DTR
GND
S10
S11
S12
S13
S14
S15
EP
GND
DIO0/AD0
DIO1/AD1
DIO2/AD2
DIO3/AD3
DIO6/AD6/RTS
DIO5/AD5/ASSOCIATE
VREF
ON/SLEEP
DIO7/CTS
DIO4/AD4
TEST DES ENTREES AD
R21
R24
R22
R23
C16
R25
DZ1
LED10
LED11
LED12
LED13
LED14
LED15
R24
R25
R26
R27
R28
R29
TEST DES ENTREES/SORTIES
IC4
S8
BARGRAPH
C11
TEST DES SORTIES PWM


A


B

- en **figure 10** pour le circuit imprimé de la platine «autonome», en **figure 11** pour l'insertion des composants
- en **figure 12** pour les circuits imprimés des cartes de tests, en **figure 13 et photo A** pour les implantations des composants
- en **figure 14** pour la platine à microcontrôleur, en **figure 15 et photo B** pour son câblage

Le câblage des différentes platines s'effectue de la manière habituelle, à savoir :

- D'abord, placer les straps et les résistances. Les straps seront, de préférence, des résistances de 0 Ω, bien plus faciles à implanter que des straps en fil de cuivre
- Puis, implanter les petits condensateurs, les diodes, les transistors et les leds
- Souder les supports des circuits intégrés
- Implanter les différents connecteurs
- Souder les régulateurs fixés contre leur dissipateur
- Souder les condensateurs de forte capacité

Les circuits intégrés de type FT232RL sont au format CMS/SSOP. Il est donc nécessaire de les souder sur des platines adaptatrices SSOP → DIP28.

Les antennes nécessitent, pour leur fixation, la réalisation d'un support. Ceux-ci sont des morceaux carrés

Nomenclature

PLATINE À MICROCONTRÔLEUR

• Résistances

R1 à R4 : 1,5 kΩ (marron, vert, rouge)
R5 à R8 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R9, R10, R11, R18 à R21 : 390 Ω (orange, blanc, marron)
R12 à R15 : 3,3 kΩ (orange, orange, rouge)
R16 : 8,2 kΩ (gris, rouge, rouge)
R17 : 5,1 kΩ (vert, marron, rouge)

• Condensateurs

C1 : 100 nF
C2 : 10 µF / 25V
C3 : 100 µF / 25V

• Semiconducteurs

IC1 : Cubloc CB220
T1 à T4 : BC547, 2N3904
D1, D3, D5, D7 : zéner 5,1 V
D2, D4, D6, D8 : 1N4148
LED1 à LED7 : diode électroluminescente (couleur au choix)

• Divers

4 relais DIL, Celduc 31A3210
1 support pour circuit intégré à 28 broches, large
Barrette sécable de support femelle pour broches carrées
Barrette sécable de broches carrées

d'époxy cuivré, double face, percés au diamètre des connecteurs SMA et sur lesquels on soude quatre broches carrées. Ces broches sont ensuite soudées sur les platines.

De part et d'autre des modules XBee sont disposés des supports femelles pour broches carrées, destinés à recevoir les platines de tests. Les choisir de grande hauteur.

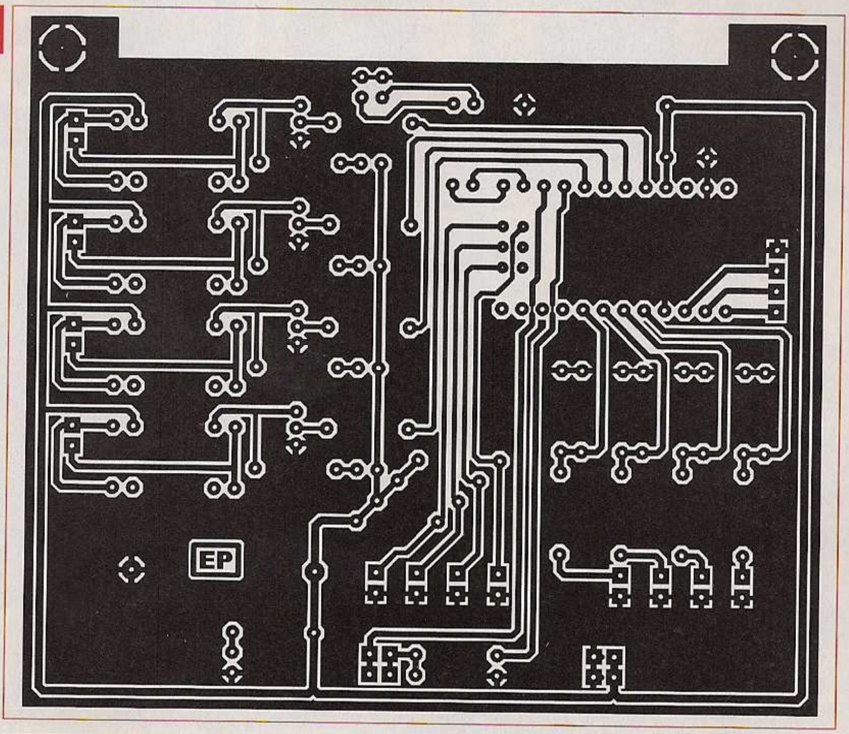
De même, les barrettes sécables de broches carrées soudées sur les platines de tests seront choisies longues et non standards.

Les modules XBee ne seront pas soudés, mais enfichés dans des supports au pas de 2 mm.

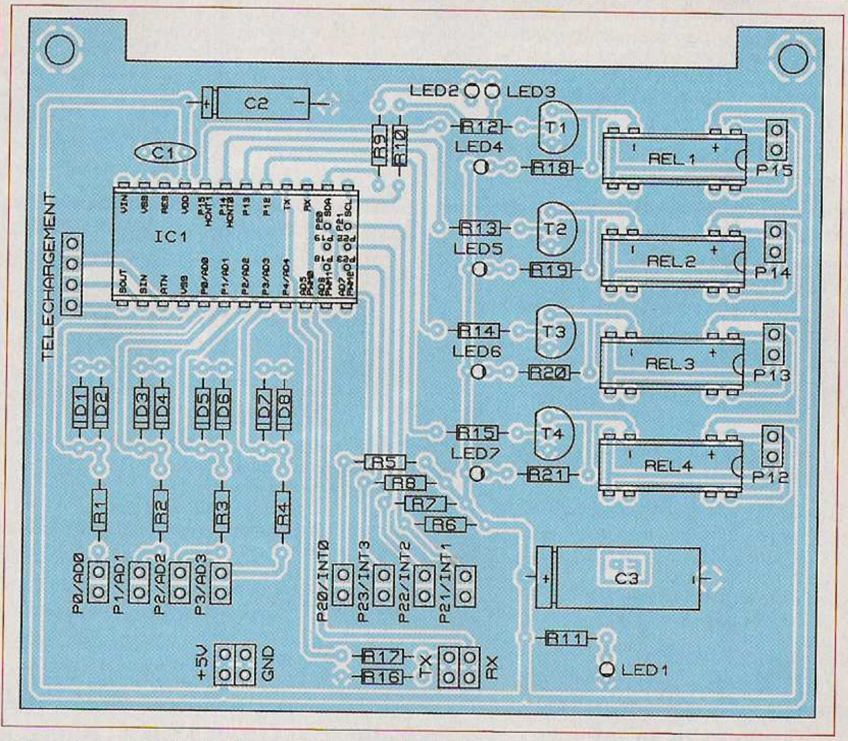
Les essais

Après nettoyage des faces cuivrées (acétone), vérifications d'usage et pulvérisation d'une couche de vernis protecteur, passer aux premiers essais. Aucun circuit intégré ni module n'étant inséré dans son support, connecter les platines au port USB de l'ordinateur et mesurer les tensions de sortie des régulateurs 3,3 V.

14



15

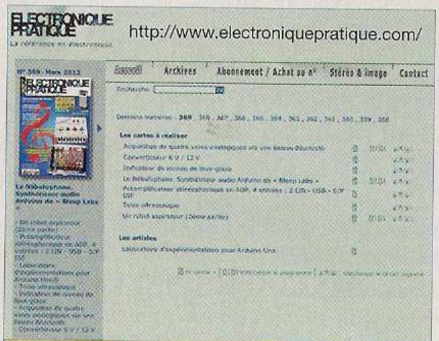

LED2
LED3
C2
C1
R9
R10
R12
T1
LED4
R18
REL 1
P15
IC1
VIN
VSS
RES
VDD
P15 HINT1
P14 HINT0
P13
P12
TX
RX
P20 SDA
P21 SCL
P19
P22
P18
P23
SOUT
SIN
ATN
VSS
P0/AD0
P1/AD1
P2/AD2
P3/AD3
P4/AD4
AD5 PWM0
AD6 PWM1
AD7 PWM2
TELECHARGEMENT
R13
T2
LED5
R19
REL 2
P14
R14
T3
LED6
R20
REL 3
P13
R15
T4
LED7
R21
REL 4
P12
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
R1
R2
R3
R4
R5
R8
R7
R6
P0/AD0
P1/AD1
P2/AD2
P3/AD3
P20/INT0
P23/INT3
P22/INT2
P21/INT1
C3
R11
LED1
+5V
GND
R17
R16
TX
RX

Si tout est correct et les platines mises «hors» tension, placer les différents composants sur les platines.

Passer aux essais plus poussés des platines de tests. Pour cela, se référer au paragraphe concerné.

Pour la platine à microcontrôleur, il conviendra d'abord de télécharger, dans le Cubloc CB220, le programme disponible sur notre site, au moyen du logiciel «Cubloc Studio» téléchargeable sur le site de Comfile (fabricant du microcontrôleur).

P. OGUIC
p.oguic@gmail.com


ELECTRONIQUE PRATIQUE
http://www.electroniquepratique.com/
Archives
Abonnement / Achat au n°
Stéréo & image
Contact

En savoir plus...
Programmes et circuits imprimés
relatifs à nos articles
à télécharger gratuitement
sur notre site web

Orgue programmable

1ère partie

Pour adoucir la teneur de nos montages, que la rigueur de l'électronique rend quelque peu austère, nous vous proposons la réalisation de cet orgue. La programmation et surtout la restitution des morceaux enregistrés vous procureront beaucoup de satisfactions.

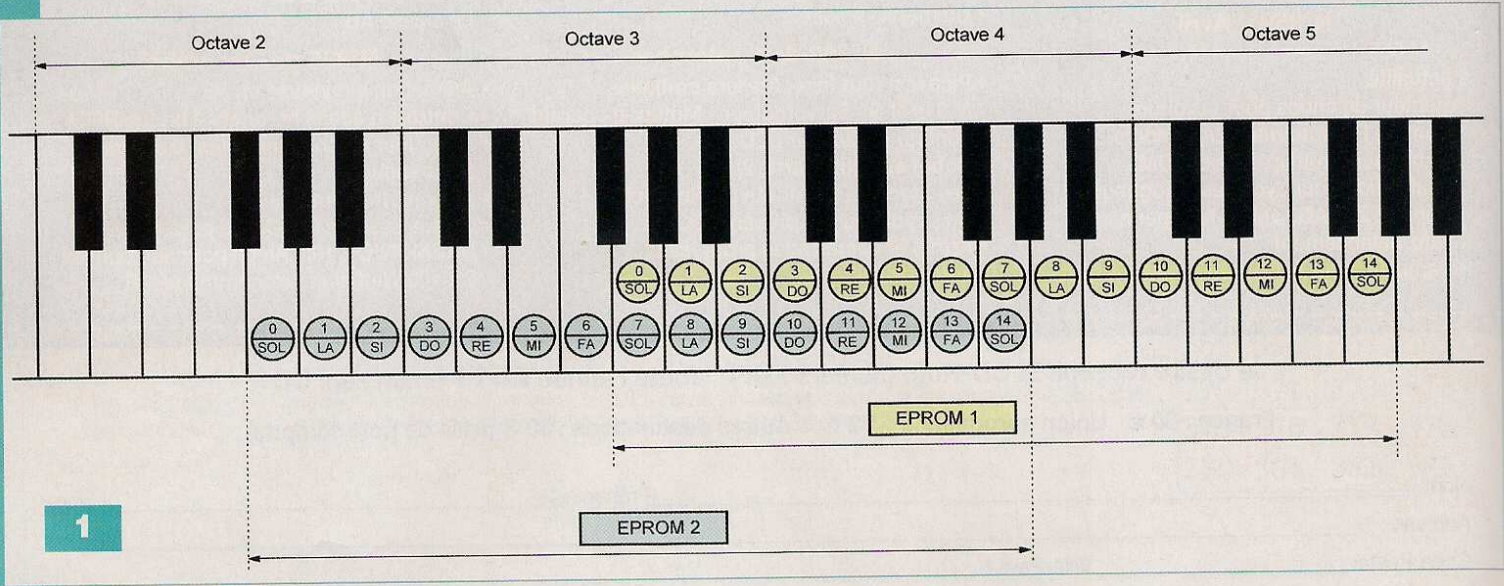
Cet instrument est doté de deux canaux séparés : l'un est réservé à la mélodie, l'autre à l'accompagnement. Il en résulte un rendu sonore très plaisant, à condition toutefois que les enceintes soient de qualité.

Organisation du clavier musical

Les deux canaux évoqués ci-dessus sont gérés par deux EPROM :

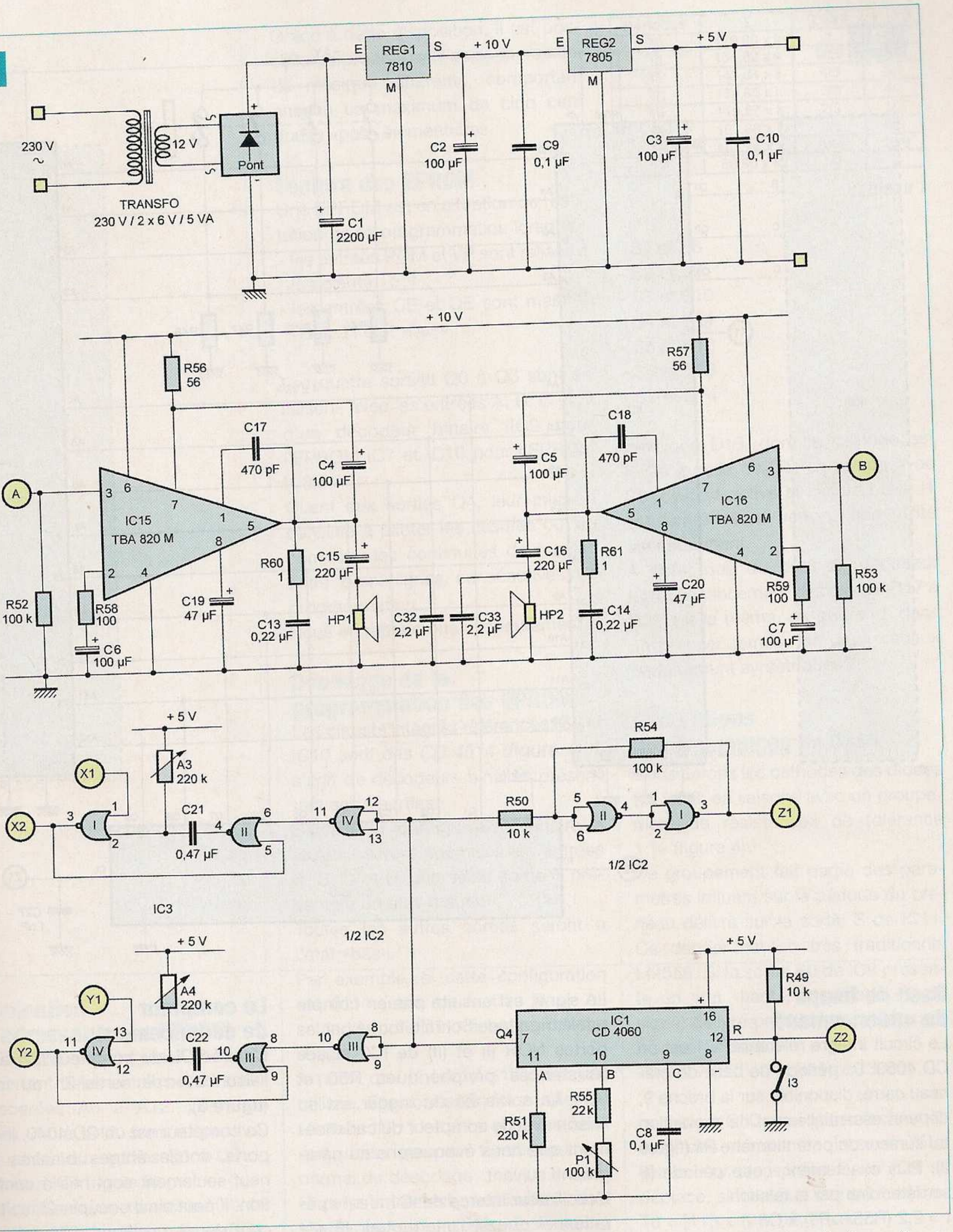
- L'EPROM 1 est affectée à la mélodie proprement dite. Elle couvre quinze notes allant du «SOL» de l'octave 3 au «SOL» de l'octave 5.
- L'EPROM 2 se rapporte à l'accompagnement. Elle gère également quinze notes, dont la plus basse est le «SOL» de l'octave 2 et la plus haute le «SOL» de l'octave 4.

Avec cette organisation, vingt deux notes correspondant à vingt deux touches consécutives d'un clavier de piano sont mises à contribution.
Un chevauchement de huit touches est ainsi mis en évidence. Cela permet la programmation de la plupart des morceaux de musique (**figure 1**). Les puristes ne manqueront pas de remarquer que les altérations «dièses» et les «bémols» ne sont pas repris. Cette disposition est, bien entendu volontaire, pour des raisons de simplification. Cependant, si la partition programmée comporte des signes d'altération après la clé sur la portée, il sera possible d'effectuer une transposition de gamme. Nous en reparlerons au chapitre consacré à la programmation.



1

2


230 V
~
TRANSFO
230 V / 2 x 6 V / 5 VA
12 V
Pont
REG1
7810
E
S
M
+ 10 V
REG2
7805
+ 5 V
C1
2200 µF
C2
100 µF
C9
0,1 µF
C3
100 µF
C10
0,1 µF
+ 10 V
R56
56
R57
56
C17
470 pF
C18
470 pF
C4
100 µF
C5
100 µF
A
B
IC15
TBA 820 M
IC16
TBA 820 M
R60
1
R61
1
C15
220 µF
C16
220 µF
R52
100 k
R58
100
C6
100 µF
C19
47 µF
C13
0,22 µF
HP1
C32
2,2 µF
C33
2,2 µF
HP2
C14
0,22 µF
C20
47 µF
R59
100
R53
100 k
C7
100 µF
+ 5 V
A3
220 k
X1
X2
C21
0,47 µF
IC3
R54
100 k
R50
10 k
1/2 IC2
Z1
1/2 IC2
+ 5 V
A4
220 k
Y1
Y2
C22
0,47 µF
IC1
CD 4060
Q4
R55
22 k
R51
220 k
P1
100 k
C8
0,1 µF
+ 5 V
R49
10 k
Z2
I3

Fonctionnement de l'orgue

Alimentation

L'énergie provient du secteur 230 V, par l'intermédiaire d'un transformateur de 5 VA, dont les enroulements secondaires délivrent une tension alternative de 12 V.

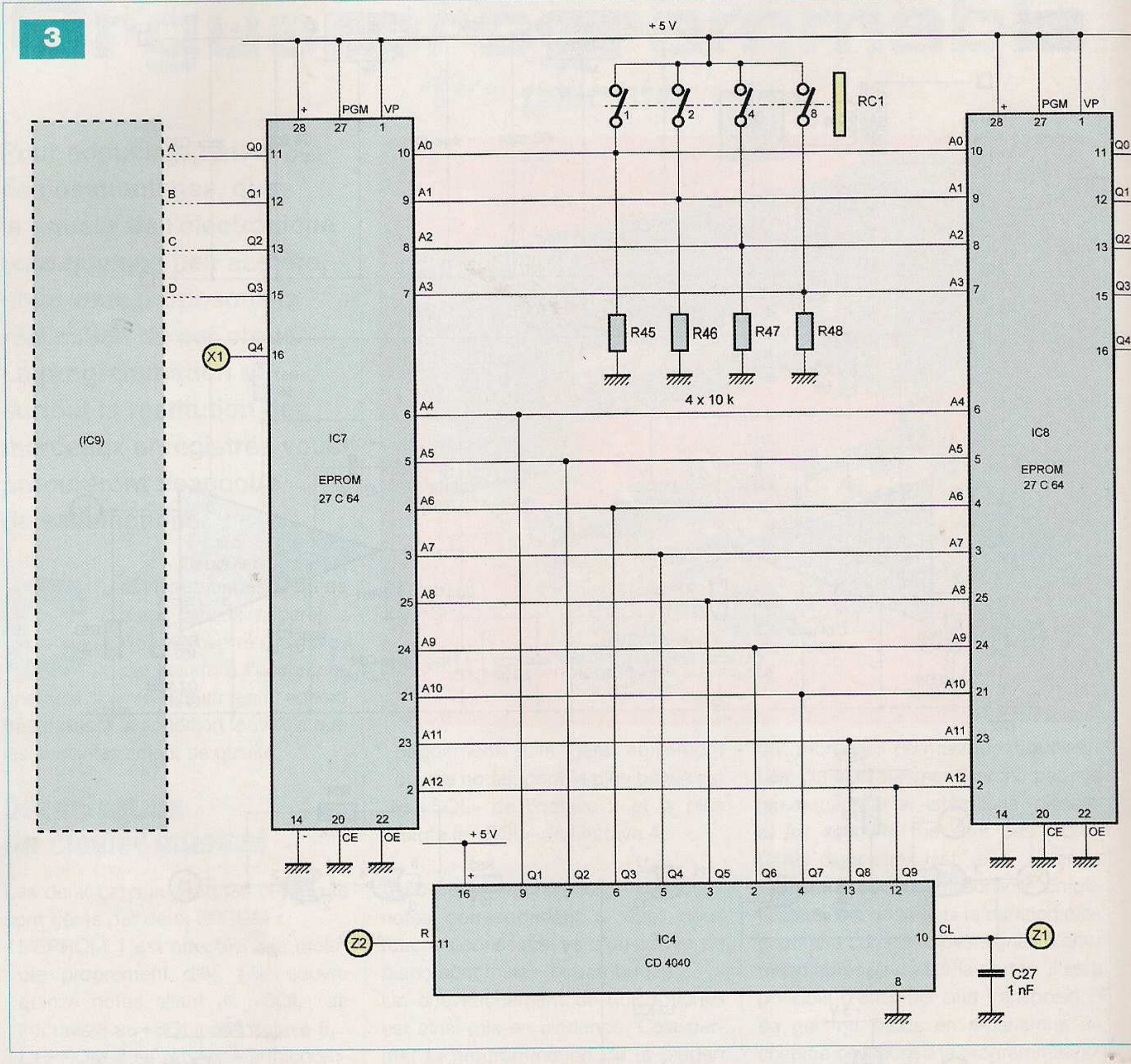
Un pont de diodes redresse les deux alternances.

Le condensateur C1 réalise un premier lissage de cette tension redressée (**figure 2**).

Sur la sortie du régulateur REG1, une tension continue et stabilisée à +10 V est disponible.

Elle est destinée à l'alimentation des deux amplificateurs situés en fin de chaîne.

La sortie du régulateur REG2 fournit, quant à elle, une tension régulée à +5 V, valeur imposée par la présence des EPROM. Les condensateurs C2 et C3 effectuent un complément de filtrage, tandis que C9 et C10 jouent le rôle de capacités de découplages.


3

Base de temps du cadencement

Le circuit intégré référencé IC1 est un CD 4060. La période de base du créneau carré, disponible sur la broche 9, dépend essentiellement de la position du curseur du potentiomètre P1 (figure 2). Plus exactement, cette période (t) se détermine par la relation :

t = 2,2 (R55 + P1) x C8

Elle varie ainsi de 2,2 ms à 24,2 ms.

Au niveau de la sortie Q4, un créneau carré de période T = t x 2^4, soit 16 x t, est disponible.

En définitive, au niveau de cette sortie, la période peut ainsi varier, suivant la position du curseur du potentiomètre P1, de 35 ms à 387 ms.

Le signal est ensuite pris en compte par le trigger de Schmitt formé par les portes NOR (I) et (II) de IC2 et ses résistances périphériques R50 et R54. La sortie Z1 du trigger est en liaison avec le compteur de cadencement que nous évoquerons au paragraphe suivant.

L'oscillateur interne de IC1 n'est opérationnel que si l'interrupteur I3 est fermé. En effet, c'est à cette condition que l'entrée R est soumise à un état «bas».

En revanche, si l'interrupteur est ouvert, cette entrée est soumise à un état «haut» par R49.

Il en résulte le blocage du compteur, dont toutes les sorties Q présentent alors un état «bas».

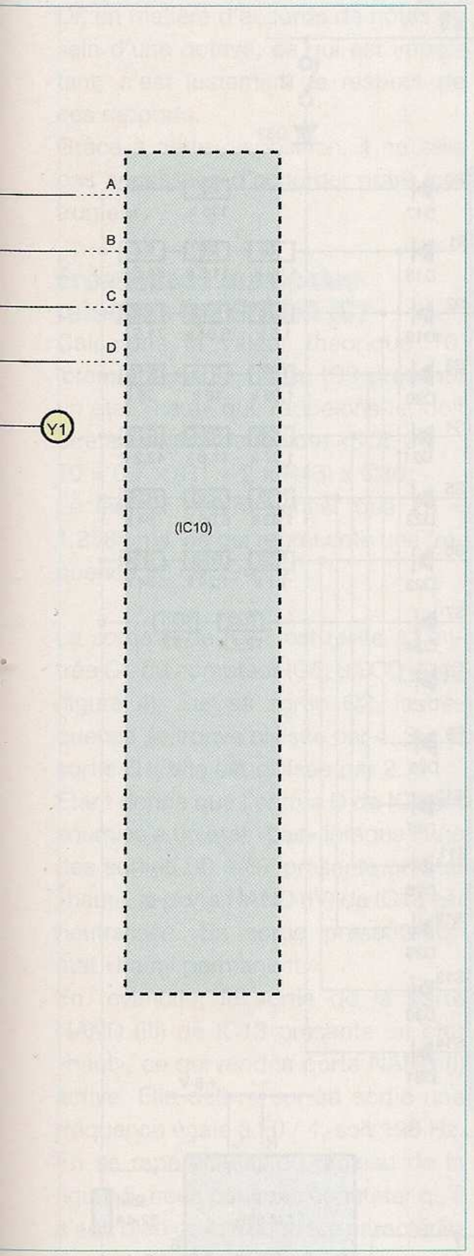
Le compteur de cadencement

L'entrée CL du compteur IC4 est en liaison avec la sortie Z1 du trigger (**figure 3**).

Ce compteur est un CD 4040. Il comporte douze étages binaires dont neuf seulement sont mis à contribution. Il peut ainsi occuper 2^9, soit cinq cent douze positions différentes, qui sont autant de possibilités de lignes de programmation pour un morceau de musique.

L'entrée R de ce compteur est également en liaison avec la commande I3 du compteur IC1.

En particulier, si ce dernier est ouvert, le compteur IC4 est remis à 0 : toutes ses sorties présentent un état «bas».



Organisation de l'adressage des EPROM

Les EPROM référencées IC7 et IC8 comportent treize entrées d'adressage repérées A0 à A12. Les neuf entrées A4 à A12 sont respectivement reliées aux sorties Q1 à Q9 du cadenceur IC4 (figure 3).

Les quatre entrées-adresses A0 à A3 sont gérées par la roue codeuse RC1. Le curseur cranté de celle-ci peut occuper seize positions hexadécimales différentes, suivant le principe du comptage binaire.

Par exemple, si le curseur occupe la position A, les entrées-adresses concernées sont soumises à la configuration binaire 1010 (sens de lecture A3 → A0).

Grâce à cette disposition, il est possible de programmer seize morceaux de musique différents, comportant chacun un maximum de cinq cent douze «pas» élémentaires.

Lecture des EPROM

Une EPROM est en situation de restitution de sa programmation lorsque :

- les entrées PGM et VP sont reliées à la polarité +5 V
- les entrées CE et OE sont maintenues à l'état «bas».

Les quatre sorties Q0 à Q3 sont en liaisons avec les entrées A, B, C et D d'un décodeur binaire (IC9 pour l'EPROM IC7 et IC10 pour l'EPROM IC8).

Quant aux sorties Q4, leur mission consiste à piloter les césures ou, au contraire, les continuités de tonalité entre deux lignes consécutives de programmation.

Nous en reparlerons ultérieurement.

Décodage de la programmation des EPROM

Les circuits intégrés référencés IC9 et IC10 sont des CD 4514 (**figure 4**). Il s'agit de décodeurs binaires présentant seize sorties.

Suivant la configuration binaire à laquelle seront soumises les entrées A, B, C et D, une seule sortie S présentera un état «haut».

Toutes les autres sorties seront à l'état «bas».

Par exemple, si cette configuration est 0111 (sens de lecture D → A), seule la sortie S7 présentera un état «haut».

A noter que la sortie S15 n'est pas utilisée. Elle correspond à un silence.

L'entrée INH doit être soumise à un état «bas» pour un fonctionnement normal du décodage.

Si cette entrée est soumise à un état «haut», toutes les sorties S passent à l'état «bas». C'est d'ailleurs cette propriété qui sera utilisée pour provoquer des césures, comme nous le verrons plus loin.

Les quinze sorties sont reliées aux anodes de quinze diodes repérées D1 à D15.

Les cathodes sont reliées deux à deux, suivant le schéma suivant :

- S1 et S8
- S2 et S9
- S3 et S10
- S4 et S11
- S5 et S12
- S6 et S13
- S7 et S14

Périodes	T	T / T0	F / F0
T0	179,80 x k	1	1
T1	161,82 x k	9/10	10/9
T2	143,84 x k	4/5	5/4
T3	134,85 x k	3/4	4/3
T4	119,87 x k	2/3	3/2
T5	107,88 x k	3/5	3/5
T6	101,14 x k	9/16	16/9
T7	89,90 x k	1/2	2

Tableau 1

La diode D16, dont la cathode est reliée à celle de D1, en liaison avec S0, devient active si l'interrupteur I1 est fermé. Nous verrons son utilité ultérieurement.

A noter que du côté du décodeur IC10, l'agencement des diodes D17 à D32 est le même, ce qui rend, dans un premier temps, les deux canaux parfaitement symétriques.

Générations des fréquences de base

Considérons les cathodes des diodes D1 à D8, en liaisons avec un groupement de résistances de tolérance 1 % (figure 4).

Ce groupement fait partie des paramètres influant sur la période du créneau délivré sur la sortie S de IC11. Ce dernier est un très traditionnel LM555. Si la sortie S0 de IC9 présente un état «haut», la période T0 du signal délivré par IC11 sera déterminée par la relation :

T0 = 0,7 (R1 + 2 x R43) x C30

Le facteur C30 ainsi que le facteur kΩ sont des constantes lorsque l'état «haut» sur les sorties S de IC9 se déplace, si bien que l'on peut écrire :

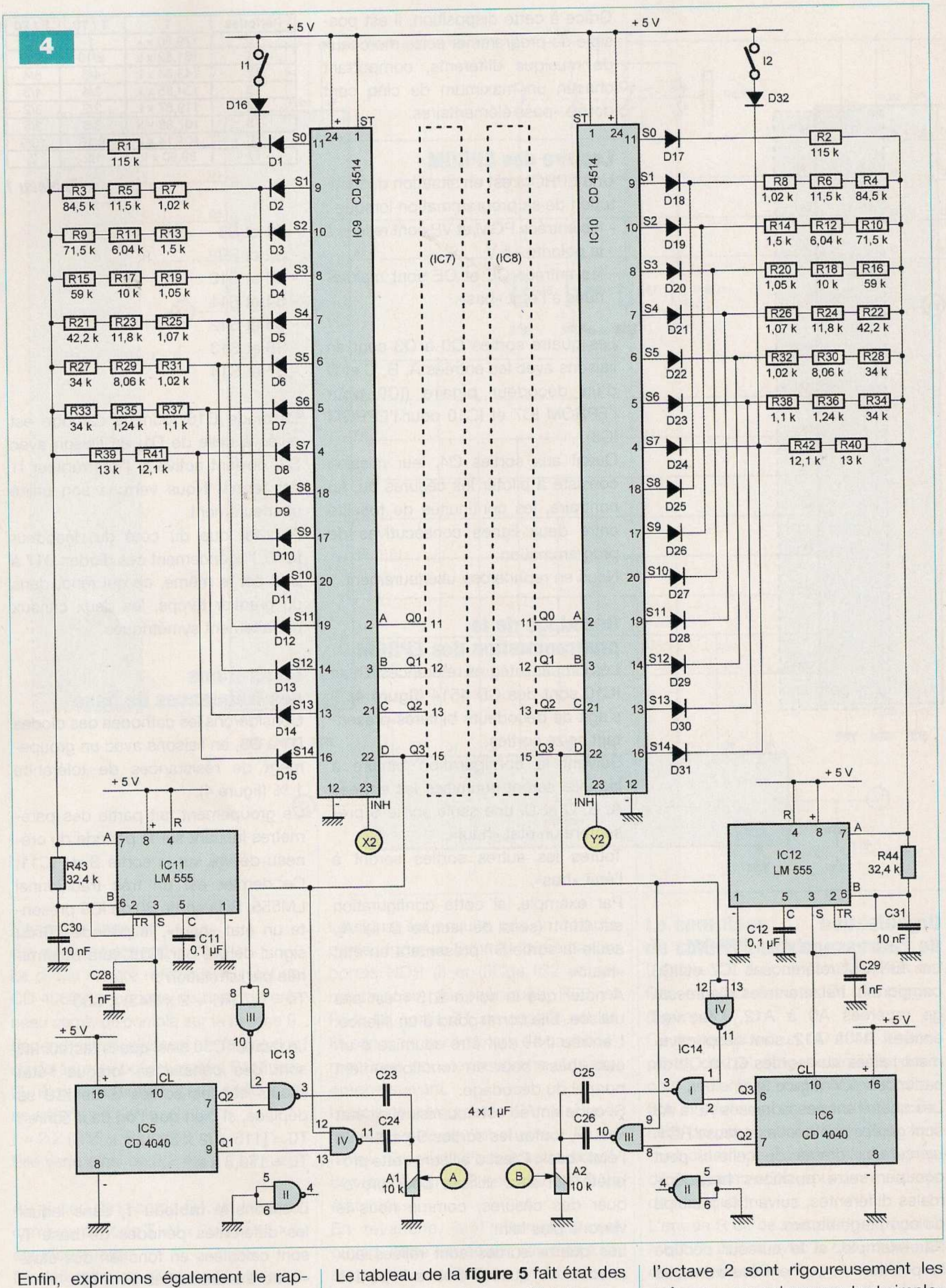
T0 = [115 + (2 x 32,4)] x k

T0 = 179,8 x k

Dressons le **tableau 1**, dans lequel les différentes périodes de base T_i sont calculées en fonction des états «haut» sur les sorties S0 à S7.

Par la même occasion, faisons le rapport des périodes obtenues en référence à T0.

4


+5 V
I1
D16
I2
D32
IC9 CD 4514
IC10 CD 4514
(IC7)
(IC8)
ST
S0
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
S10
S11
S12
S13
S14
R1 115 k
R3 84,5 k
R5 11,5 k
R7 1,02 k
R9 71,5 k
R11 6,04 k
R13 1,5 k
R15 59 k
R17 10 k
R19 1,05 k
R21 42,2 k
R23 11,8 k
R25 1,07 k
R27 34 k
R29 8,06 k
R31 1,02 k
R33 34 k
R35 1,24 k
R37 1,1 k
R39 13 k
R41 12,1 k
R2 115 k
R8 1,02 k
R6 11,5 k
R4 84,5 k
R14 1,5 k
R12 6,04 k
R10 71,5 k
R20 1,05 k
R18 10 k
R16 59 k
R26 1,07 k
R24 11,8 k
R22 42,2 k
R32 1,02 k
R30 8,06 k
R28 34 k
R38 1,1 k
R36 1,24 k
R34 34 k
R42 12,1 k
R40 13 k
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
D9
D10
D11
D12
D13
D14
D15
D17
D18
D19
D20
D21
D22
D23
D24
D25
D26
D27
D28
D29
D30
D31
A Q0
B Q1
C Q2
D Q3
INH
X2
Y2
IC11 LM 555
IC12 LM 555
R43 32,4 k
R44 32,4 k
C30 10 nF
C11 0,1 µF
C28 1 nF
C12 0,1 µF
C31 10 nF
C29 1 nF
TR
S
R
CL
IC13
IC14
I
II
III
IV
IC5 CD 4040
IC6 CD 4040
Q1
Q2
Q3
C23
C24
C25
C26
4 x 1 µF
A1 10 k
A2 10 k
A
B

Enfin, exprimons également le rapport des fréquences qui, par ailleurs, est tout simplement l'inverse du rapport précédent.

Le tableau de la **figure 5** fait état des fréquences musicales «officielles». En particulier, les rapports des fréquences en référence au «SOL» de l'octave 2 sont rigoureusement les mêmes … ce qui prouve, tout simplement, que les valeurs des résistances R1 à R44 ont été bien calculées.

Or, en matière d'accords de notes au sein d'une octave, ce qui est important, c'est justement le respect de ces rapports.
Grâce à cette disposition, il ne sera pas nécessaire d'accorder notre instrument.

Fréquences musicales relatives à l'EPROM IC7

Calculons la valeur théorique T0, lorsque la sortie S0 de IC9 présente un état «haut» qui, rappelons-le, doit être à l'origine de la note «SOL 3».
T0 = 0,7 x (R1 + 2 x R43) x C30
Le lecteur pourra vérifier que T0 = 1,2586 ms, ce qui représente une fréquence F0 de 794 Hz.

La sortie S de IC11 est reliée à l'entrée CL du compteur IC5, un CD 4040 (figure 4). Sur sa sortie Q2, la fréquence se trouve divisée par 4. Sur la sortie Q1, elle est divisée par 2.
Étant donné que l'entrée D de IC9 est soumise à un état «bas» lorsque l'une des sorties S0 à S7 présente un état «haut», la porte NAND (IV) de IC13 est neutralisée. Sa sortie présente un état «haut» permanent.
En revanche, la sortie de la porte NAND (III) de IC13 présente un état «haut», ce qui rend la porte NAND (I) active. Elle délivre sur sa sortie une fréquence égale à F0 / 4, soit 198 Hz.
En se rapprochant du tableau de la figure 5, nous pouvons constater qu'il s'agit bien de la fréquence caractéristique de la note «SOL 3».
A partir de cette référence, toutes les notes suivantes, du «LA 3» au «SOL 4», seront obligatoirement conformes à celles du tableau de la figure 5, puisque les rapports des fréquences sont respectés ainsi que nous l'avons déjà vu au paragraphe précédent.
Lorsque l'état «haut» se déplace sur la sortie S8 et les suivantes, l'entrée D de IC9 est soumise à un état «haut». Cette fois, la porte NAND (I) de IC13 est neutralisée, tandis que la porte NAND (IV) est activée.
La fréquence est, cette fois, divisée par 2 seulement.
Par exemple, pour un état «haut» sur S8 (qui correspond au «LA 4»), la fréquence délivrée par la sortie de la porte NAND (IV) sera de 440 Hz.

Fréquences musicales relatives à l'EPROM IC8

Le principe reste le même. Pour un état «haut» sur la sortie S0 de IC10 (note «SOL 2»), IC12 génère, bien entendu, la même fréquence de base de 794 Hz. Mais c'est la porte NAND (I) qui est active, si bien que la fréquence se trouve divisée par 8 (2^3). Elle est égale à 794 / 8, soit 99 Hz, qui correspond au «SOL 2» du tableau de la figure 5.
Par la suite, lorsque l'état «haut» dépasse la sortie S7, c'est la porte NAND (III) qui est activée. Il en résulte une division de la fréquence de base par 4, si bien que nous retrouvons les valeurs des fréquences relatives aux quinze notes gérées par l'EPROM IC8 affectée à la programmation de l'accompagnement.

Restitution sonore

Les fréquences musicales définitives transitent, selon le cas, par C23 ou C24 et par C25 ou C26, et aboutissent sur les ajustables A1 et A2 dont les curseurs permettent de prélever une fraction plus ou moins importante de l'amplitude (figure 4).
Deux amplificateurs, IC15 et IC16, un par canal, terminent les deux canaux. Il s'agit de TBA 820 M (figure 2). Les signaux sont appliqués sur l'entrée 3. Les haut-parleurs sont reliés à la sortie 5, par l'intermédiaire des condensateurs C15 et C16.
La puissance sonore se règle en agissant sur la position des curseurs des ajustables A1 et A2. Pas de remarque à faire sur ce schéma d'amplificateur de moyenne puissance. Il s'agit du schéma d'utilisation préconisé par le fabricant du circuit intégré.

Les césures

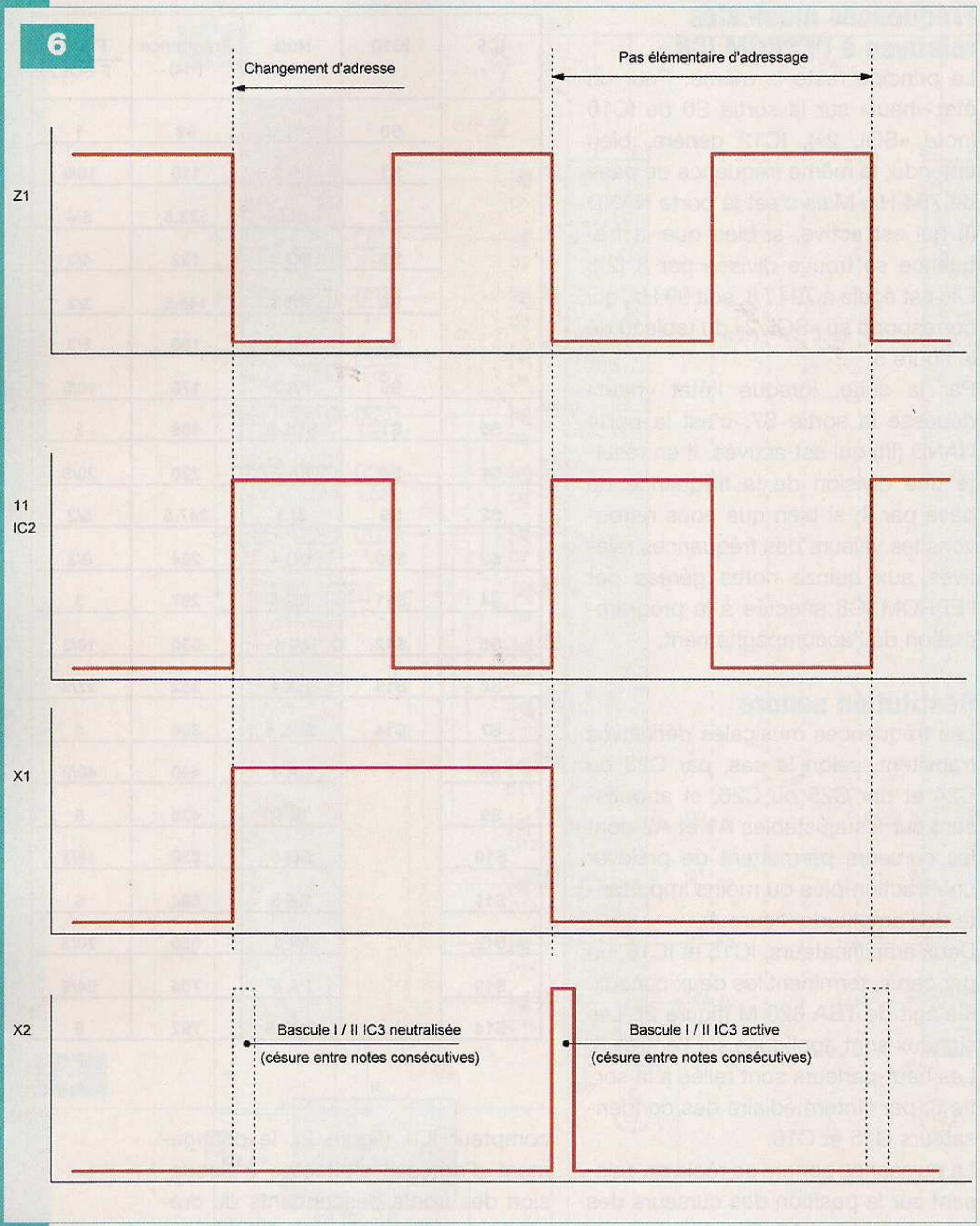
Nous verrons, au niveau de la programmation, que dans le cas de deux lignes consécutives de programmation, il conviendra de prévoir :
- soit, une coupure de courte durée du son, pour bien séparer les notes
- soit, au contraire, une continuité de ces notes

IC9	IC10	Note	Fréquence (Hz)	F note / F SOL2
	S0	SOL 2	99	1
	S1	LA 2	110	10/9
	S2	SI 2	123.8	5/4
	S3	DO 3	132	4/3
	S4	RE 3	148.5	3/2
	S5	MI 3	165	5/3
	S6	FA 3	176	16/9
S0	S7	SOL 3	198	2
S1	S8	LA 3	220	20/9
S2	S9	SI 3	247.5	5/2
S3	S10	DO 4	264	8/3
S4	S11	RE 4	297	3
S5	S12	MI 4	330	10/3
S6	S13	FA 4	352	32/9
S7	S14	SOL 4	396	4
S8		LA 4	440	40/9
S9		SI 4	495	5
S10		DO 5	528	16/3
S11		RE 5	594	6
S12		MI 5	660	20/3
S13		FA 5	704	64/9
S14		SOL 5	792	8

5

A titre d'exemple, prenons le cas du canal géré par l'EPROM IC7 (figure 3). Lors du cadencement piloté par le compteur IC1 (figure 2), le changement d'adresse s'effectue à l'occasion des fronts descendants du créneau recueilli sur la sortie Q4.
Ce créneau est inversé par la porte NOR (IV) de IC2, dont la sortie délivre alors un front montant (**figure 6**).
Ce front montant active la bascule monostable constituée des portes NOR (I) et (II) de IC3.
Deux cas peuvent se présenter :
1/ Pour la nouvelle adresse qui vient d'être sélectionnée, la sortie Q4 a été programmée à l'état «bas». La bascule monostable fonctionne normalement et délivre un état «haut», d'une durée réglable par la position du curseur de l'ajustable A3. La sortie X2 de la bascule délivre un état «haut» d'une durée d'une trentaine de millisecondes. Étant donné qu'elle est reliée à

6


Changement d'adresse
Pas élémentaire d'adressage
Z1
11
IC2
X1
X2
Bascule I / II IC3 neutralisée
(césure entre notes consécutives)
Bascule I / II IC3 active
(césure entre notes consécutives)

l'entrée INH du décodeur IC9, ce dernier est neutralisé. Il se produit donc un silence de la même durée (figure 6).

2/ Pour la nouvelle adresse qui vient d'être sélectionnée, la sortie Q4 a été programmée à l'état «haut». La bascule monostable, dont l'entrée 1 est maintenant soumise à un état «haut», est neutralisée. Elle ne délivre donc pas d'état «haut» sur sa sortie. Le son ne sera pas interrompu par un silence.

Le contrôle de l'accord des deux canaux

La fermeture des interrupteurs I1 et (ou) I2, lorsque l'orgue est au repos, commande artificiellement le «SOL» de l'octave 3 qui est commun aux deux EPROM (figure 4).

La hauteur des sons, délivrés par les deux haut-parleurs, doit donc être la même. Si tel n'était pas le cas, notre orgue «sonnerait» faux.

Comment cela peut-il se produire ?

Les résistances, intervenant dans l'élaboration des fréquences musicales, se caractérisent par une tolérance de 1 %, ce qui reste tout à fait satisfaisant au niveau de l'erreur introduite sur la hauteur des notes. Les circuits intégrés LM555, surtout s'ils comportent rigoureusement les mêmes références, n'introduisent pas, non plus, de différence appréciable. Il reste les condensateurs C30 et C31. Sachant que ces derniers se caractérisent par des tolérances pouvant atteindre ±10 %, il ne faut pas s'étonner que, sans précaution particulière, les deux canaux risquent de ne pas produire deux sons d'égale fréquence.

Réalisation de l'orgue

Le module

Le circuit imprimé fait l'objet de la **figure 7**.

Le plan d'insertion des divers composants est repris en **figure 8**.

Plus que jamais, veiller à respecter l'orientation des composants polarisés. Une diode montée à l'envers et l'orgue restituera d'affreux «canards». De nombreux «straps» ont été mis en place, vu la relative complexité du tracé des pistes.

La technique des «straps», si elle n'est pas bien esthétique, permet d'éviter l'étude et la gravure du problématique circuit double-face.

Les mises au point

Avant d'insérer les EPROM sur leur support, il convient de régler les problèmes relatifs aux sons. En fermant successivement les interrupteurs I1, puis I2, la puissance du son émis pour chaque canal peut être dosée par une intervention sur les curseurs des ajustables A1 et A2.

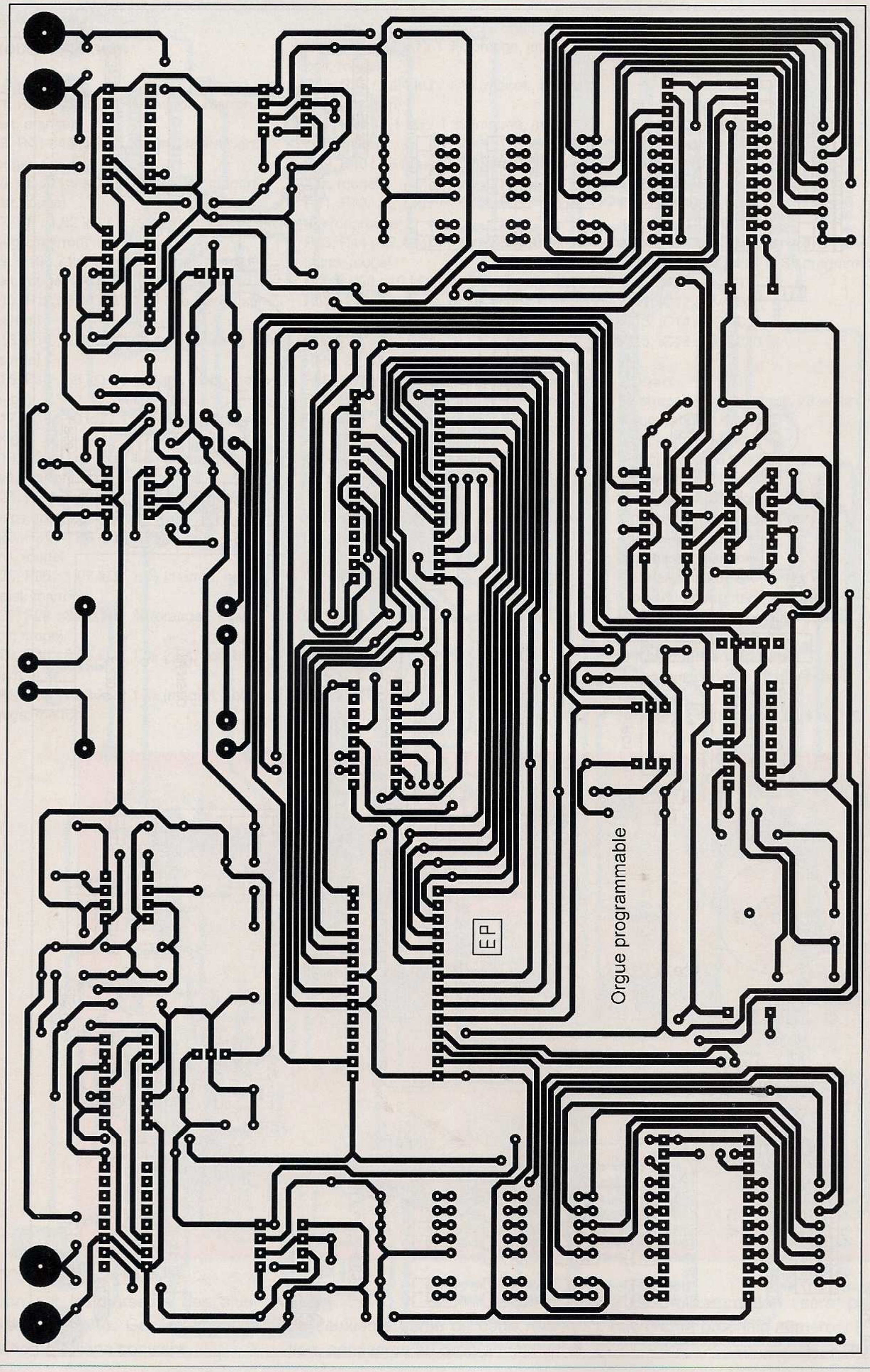
Reste à régler le problème de l'accord entre les deux canaux. Si votre multimètre est équipé d'un calibre «capacimètre», il conviendra de mesurer, avant de les implanter, les capacités des condensateurs C30 et C31. Pour cela, il sera nécessaire de disposer de cinq à dix condensateurs MKT de 10 nF pour en retenir deux dont les capacités seront égales.

Un test final d'écoute entérinera le choix réalisé.

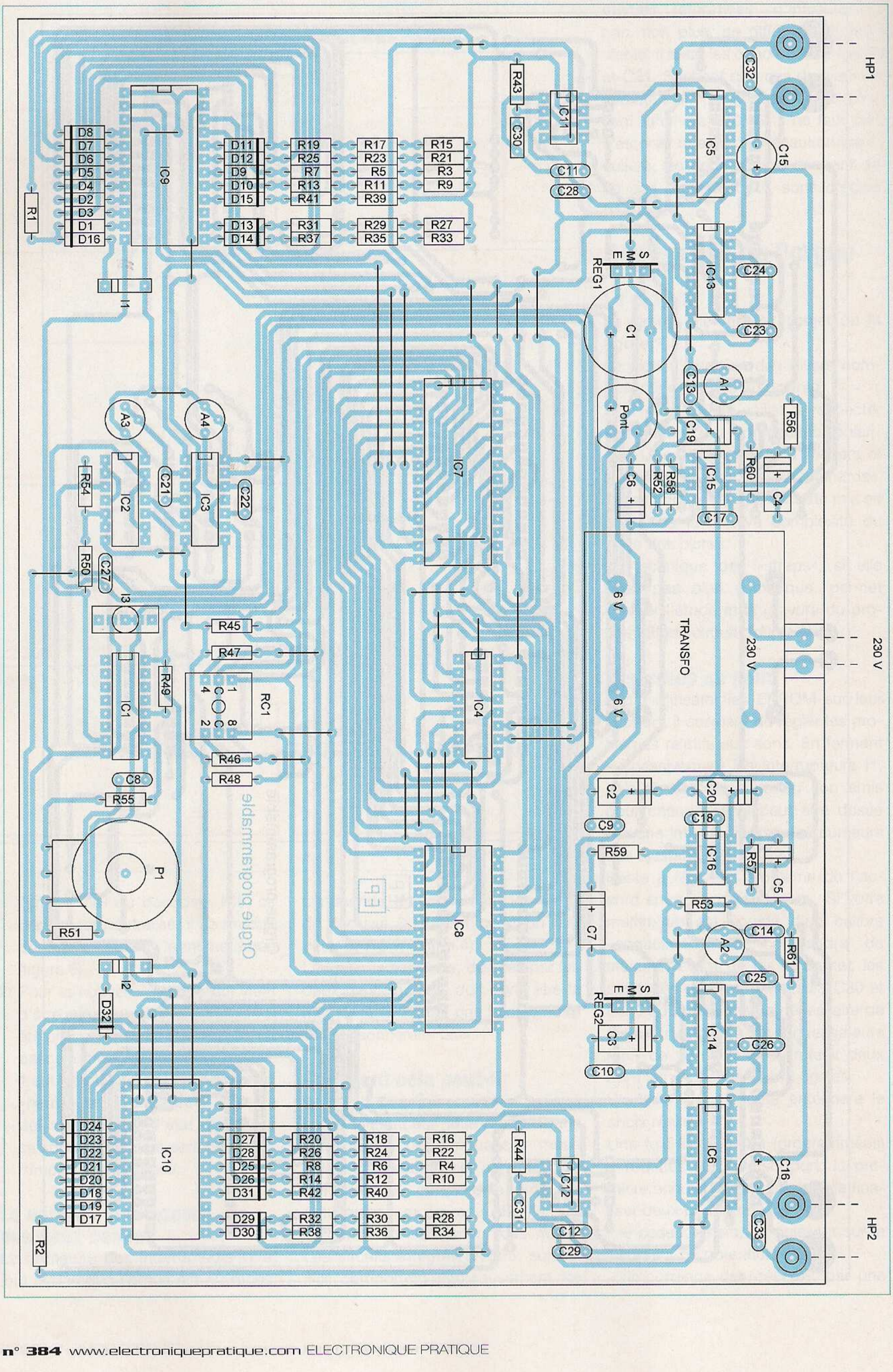
Une fois les EPROM (programmées) introduites sur leur support, la première écoute vous permettra de finaliser deux paramètres :

- le cadencement, en agissant sur le curseur du potentiomètre P1
- l'importance des césures, par une

7


EP
Orgue programmable

8


D8
D7
D6
D5
D4
D2
D3
D1
D16
R1
IC9
D11
D12
D9
D10
D15
R19
R25
R7
R13
R41
R17
R23
R5
R11
R39
R15
R21
R3
R9
D13
D14
R31
R37
R29
R35
R27
R33
R43
C30
IC11
C11
C28
IC5
C32
C15
HP1
S
M
E
REG1
IC13
C24
C23
C1
C13
A1
Pont
C19
R56
IC15
R58
R52
C6
R60
C4
C17
I1
A3
A4
IC2
C21
IC3
C22
R54
R50
C27
I3
IC7
6 V
TRANSFO
230 V
6 V
230 V
R45
R47
RC1
1
C
4
8
C
2
C
R49
IC1
IC4
R46
R48
C8
R55
P1
R51
IC8
C2
C20
C18
C9
R59
IC16
R57
C5
C7
R53
C14
A2
R61
C25
S
M
E
REG2
C3
C10
IC14
C26
I2
D32
IC10
D24
D23
D22
D21
D20
D18
D19
D17
R2
D27
D28
D25
D26
D31
D29
D30
R20
R26
R8
R14
R42
R32
R38
R18
R24
R6
R12
R40
R30
R36
R16
R22
R4
R10
R28
R34
R44
C31
IC12
C12
C29
IC6
C16
C33
HP2

Nomenclature

MODULE «ORGUE»

• Résistances

R1, R2 : 115 kΩ / 1 % (marron, marron, vert, orange)
R3, R4 : 84,5 kΩ / 1 % (gris, jaune, vert, rouge)
R5, R6 : 11,5 kΩ / 1 % (marron, marron, vert, rouge)
R7, R8 : 1,02 kΩ / 1 % (marron, noir, rouge, marron)
R9, R10 : 71,5 kΩ / 1 % (violet, marron, vert, rouge)
R11, R12 : 6,04 kΩ / 1 % (bleu, noir, jaune, marron)
R13, R14 : 1,5 kΩ / 1 % (marron, vert, noir, marron)
R15, R16 : 59 kΩ / 1 % (vert, blanc, noir, rouge)
R17, R18 : 10 kΩ / 1 % (marron, noir, noir, rouge)
R19, R20 : 1,05 kΩ / 1 % (marron, noir, vert, marron)
R21, R22 : 42,2 kΩ / 1 % (jaune, rouge, rouge, rouge)
R23, R24 : 11,8 kΩ / 1 % (marron, marron, gris, rouge)
R25, R26 : 1,07 kΩ / 1 % (marron, noir, violet, marron)
R27, R28 : 34 kΩ / 1 % (orange, jaune, noir, rouge)
R29, R30 : 8,06 kΩ / 1 % (gris, noir, bleu, marron)
R31, R32 : 1,02 kΩ / 1 % (marron, noir, rouge, marron)
R33, R34 : 34 kΩ / 1 % (orange, jaune, noir, rouge)
R35, R36 : 1,24 kΩ / 1 % (marron, rouge, jaune, marron)
R37, R38 : 1,1 kΩ / 1 % (marron, marron, noir, marron)
R39, R40 : 13 kΩ / 1 % (marron, orange, noir, rouge)
R41, R42 : 12,1 kΩ / 1 % (marron, rouge, marron, rouge)
R43, R44 : 32,4 kΩ / 1 % (orange, rouge, jaune, rouge)
R45 à R50 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R51 : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)
R52, R53, R54 : 100 kΩ (marron, noir jaune)
R55 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
R56, R57 : 56 Ω (vert, bleu, noir)
R58, R59 : 100 Ω (marron, noir, marron)
R60, R61 : 1 Ω (marron, noir, or)
A1, A2 : ajustable 10 kΩ
A3, A4 : ajustable 220 kΩ
P1 : potentiomètre 100 kΩ (linéaire)

• Condensateurs

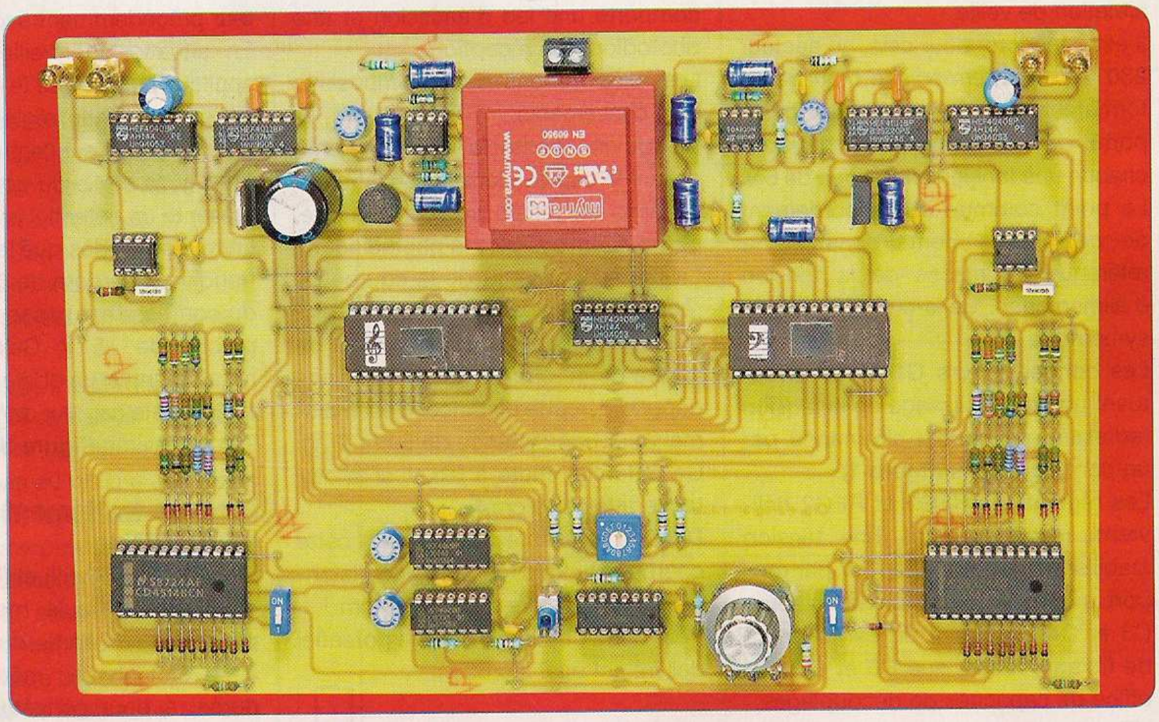
C1 : 2 200 µF / 25 V (sorties radiales)
C2 à C7 : 100 µF / 25 V
C8 à C12 : 0,1 µF
C13, C14 : 0,22 µF
C15, C16 : 220 µF / 25 V (sorties radiales)
C17, C18 : 470 pF
C19, C20 : 47 µF / 25 V
C21, C22 : 0,47 µF
C23 à C26 : 1 µF
C27, C28, C29 : 1 nF
C30, C31 : 10 nF (MKT)
C32, C33 : 2,2 µF

• Semiconducteurs

D1 à D32 : 1N 4148
1 pont de diodes
REG1 : 7810
REG2 : 7805
IC1 : CD 4060
IC2, IC3 : CD 4001
IC4, IC5, IC6 : CD 4040
IC7, IC8 : EPROM 27 C 64 programmée
IC9, IC10 : CD 4514
IC11, IC12 : LM 555
IC13, IC14 : CD 4011
IC15, IC16 : TBA 820 M

• Divers

52 straps (29 horizontaux, 23 verticaux)
4 supports à 8 broches
4 supports à 14 broches
4 supports à 16 broches
2 supports à 24 broches
2 supports à 28 broches
1 bornier soudable de 2 plots
4 fiches «banane»
4 embases «banane»
1 transformateur 230 V / 2 x 6 V / 5 VA
1 bouton pour potentiomètre
I1, I2 : interrupteur unipolaire «dual in line»
I3 : interrupteur unipolaire
RC1 : roue codeuse hexadécimale miniature
HP1, HP2 : haut-parleur de 4 ou 8 Ω



A

action sur les curseurs des ajustables A3 et A4. Généralement la position médiane convient

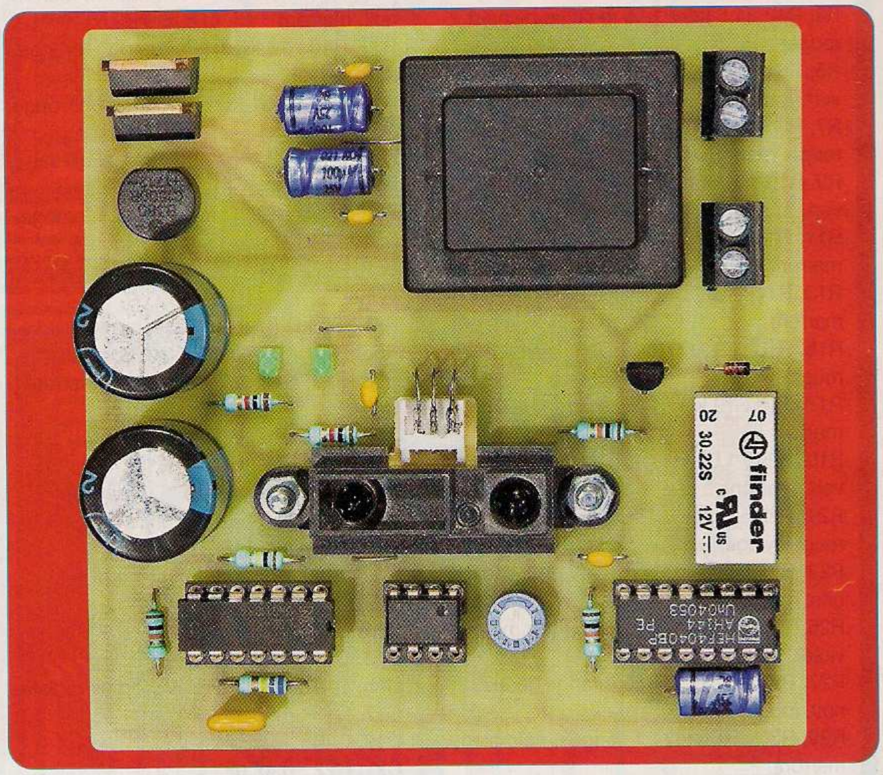
Nota

La deuxième partie de cette réalisation, consacrée au programmateur et à la programmation, sera publiée dans notre prochain numéro.

R. KNOERR

Interrupteur à détection d'approche

Lorsque les mains sont prises par divers objets, il peut être intéressant de provoquer l'allumage ou l'extinction de l'éclairage d'une pièce par un simple mouvement d'approche d'un point de commande.



Telle est l'utilité du présent montage dont le fonctionnement et la réalisation se caractérisent par une grande simplicité. Il fait appel à un capteur comportant une led d'émission et une photodiode de réception, les axes de ces deux composants étant convergents.

Le fonctionnement

Alimentation

Le montage est en permanence en situation de veille.

Il est connecté, pour cela, au secteur 230 V, par l'intermédiaire d'un transformateur, dont le secondaire comporte deux enroulements délivrant chacun une tension alternative de 6 V. Le point commun du raccordement de ces enroulements constitue la référence de masse de la tension d'alimentation. Celle-ci est de nature symétrique.

Les condensateurs C1 et C2 effectuent un premier lissage de la tension redressée en double alternance par un pont de diodes (**figure 1**).

Les régulateurs REG1 et REG2 délivrent, respectivement, une tension stabilisée de +5 V et de -5 V par rapport à la masse. Les condensateurs C3 et C4 effectuent un complément de filtrage, tandis que C6 et C7 font office de capacités de découplages.

L'illumination des leds L1 et L2, dont le courant est limité par R1 et R2, signalise la mise sous tension de l'alimentation.

Le capteur GP 2D 120 X

Il s'agit d'un mesureur de distance. Il comporte une led d'émission et une photodiode de réception.

Les axes de ces deux composants sont convergents.

Lorsqu'un obstacle se présente devant le capteur, le faisceau infrarouge émis se reflète sur cet obstacle, puis est renvoyé vers la photodiode.

La **figure 2** fait état de la courbe de réponse de ce capteur, dont la distance maximale de détection est de l'ordre de 40 cm. Le potentiel délivré dépend de cette distance. Il est maximal pour une distance de 5 cm (3 V). Ce potentiel chute à 0,3 V, si la distance atteint 40 cm.

Dans la présente application, cette courbe est exploitée pour une distance comprise entre 5 cm et 20 cm. Pour cette dernière valeur, le potentiel délivré est égal à 0,65 V.

Le comparateur de potentiel

L'amplificateur IC1 a son entrée «inverseuse» soumise à un potentiel réglable de 0 à +5 V grâce à l'ajustable A1. L'entrée «non-inverseuse» est en liaison avec la sortie du capteur précédemment évoqué.

En situation de veille, le potentiel appliqué sur l'entrée (e+) est voisin de 0 V. Si le potentiel réglé par l'ajustable A1 et appliqué sur l'entrée (e-) est égal à 0,6 V, la sortie du comparateur IC1 présente un potentiel proche de -5 V.

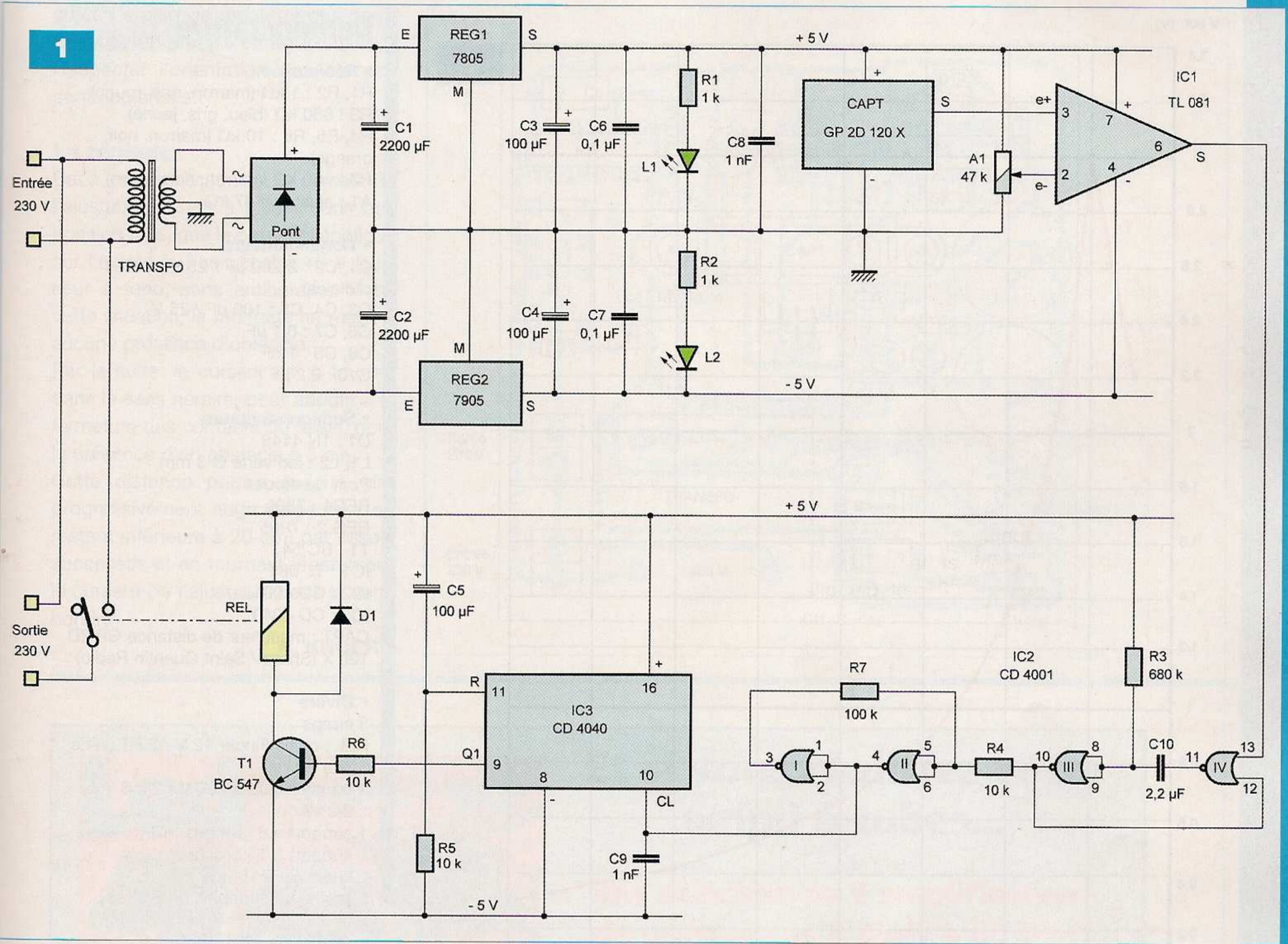
En revanche, dès que le potentiel (e+) franchit la barrière de 0,6 V, la sortie du comparateur passe à un potentiel proche de +5 V. Cela se produit, notamment, si un obstacle se présente devant le capteur dans un rayon de 20 cm environ (**figure 3**).

Premier traitement du signal de détection

Les portes NOR (III) et (IV) de IC2 forment une bascule monostable. Le passage de la sortie du comparateur à un état «haut», même de courte durée, a pour conséquence la présence d'un état «haut» sur la sortie de la bascule.

La durée de ce dernier est déterminée par le produit 0,7 x R3 x C10.

1


Entrée
230 V
TRANSFO
Pont
Sortie
230 V
REL
D1
E
REG1
7805
S
M
C1
2200 µF
C2
2200 µF
M
REG2
7905
E
S
C3
100 µF
C6
0,1 µF
C4
100 µF
C7
0,1 µF
R1
1 k
L1
R2
1 k
L2
C8
1 nF
+ 5 V
- 5 V
CAPT
GP 2D 120 X
S
A1
47 k
e+
e-
3
2
7
4
6
S
IC1
TL 081
+ 5 V
C5
100 µF
R
11
16
IC3
CD 4040
Q1
9
8
10
CL
T1
BC 547
R6
10 k
R5
10 k
C9
1 nF
- 5 V
R7
100 k
IC2
CD 4001
R3
680 k
I
II
III
IV
R4
10 k
C10
2,2 µF
1
2
3
4
5
6
8
9
10
11
12
13

Dans le cas présent, il se caractérise par une durée de l'ordre de 1 s.

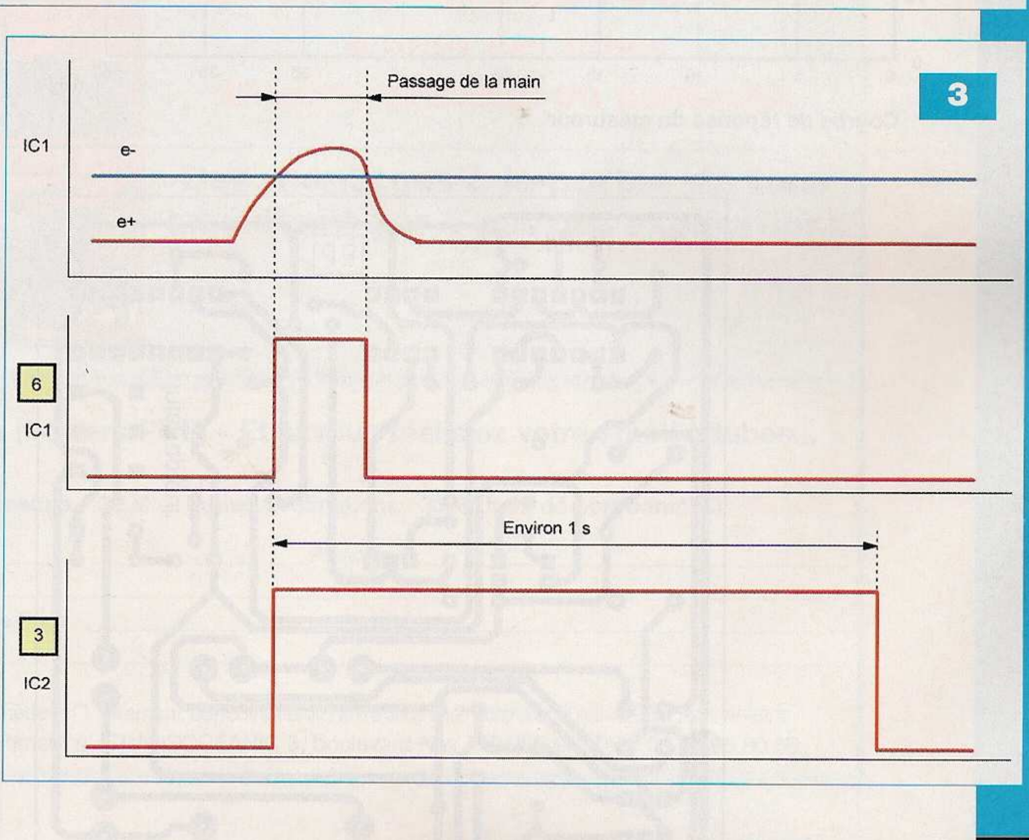
Le trigger de Schmitt en aval, constitué par les portes NOR (I) et (II) du même boîtier IC2, confère aux fronts montants et descendants de cet état «haut», une allure davantage verticale.

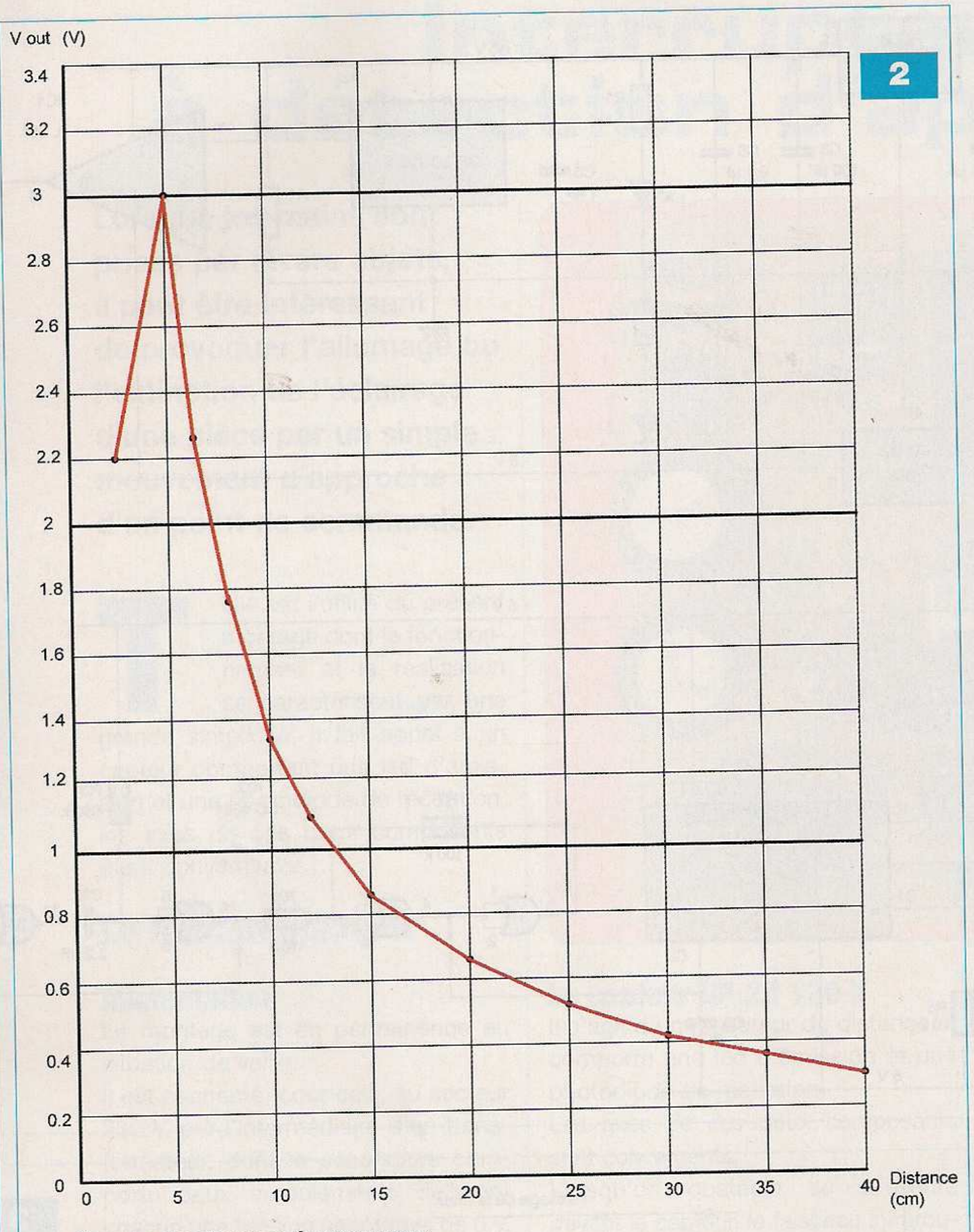
Commande de l'éclairage

Le circuit intégré référencé IC3 est un compteur binaire de douze étages. Il avance d'un pas au rythme des fronts descendants appliqués sur son entrée CL. Dans ce compteur, seule la sortie Q1 est mise à contribution. Celle-ci présente donc, alternativement, des états «haut» et «bas», ce qui transforme IC3 en bascule bistable.

Au moment de la mise sous tension du montage ou, encore, suite à la réapparition de l'alimentation secteur après une coupure par exemple, le condensateur C5 se charge assez

3





Courbe de réponse du mesureur

Nomenclature

• Résistances
R1, R2 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R3 : 680 kΩ (bleu, gris, jaune)
R4, R5, R6 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R7 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
A1 : ajustable 47 kΩ

• Condensateurs
C1, C2 : 2 200 µF / 25 V (sorties radiales)
C3, C4, C5 : 100 µF / 25 V
C6, C7 : 0,1 µF
C8, C9 : 1 nF
C10 : 2,2 µF

• Semiconducteurs
D1 : 1N 4148
L1, L2 : led verte Ø 3 mm
Pont de diodes
REG1 : 7805
REG 2 : 7905
T1 : BC 547
IC1 : TL 081
IC2 : CD 4001
IC3 : CD 4040
CAPT : mesureur de distance GP 2D 120 X (Sharp / Saint Quentin Radio)

• Divers
3 straps
REL : relais Finder 12 V / 2 RT (série 3022)
1 transformateur 230 V / 2 x 6 V / 2,5 VA
1 support à 8 broches
1 support à 14 broches
2 supports à 16 broches
2 borniers soudables de 2 plots

rapidement à travers R5. Il en résulte une brève soumission de l'entrée R de IC3 à un état «haut», ce qui a pour conséquence l'initialisation du compteur sur la position 0.

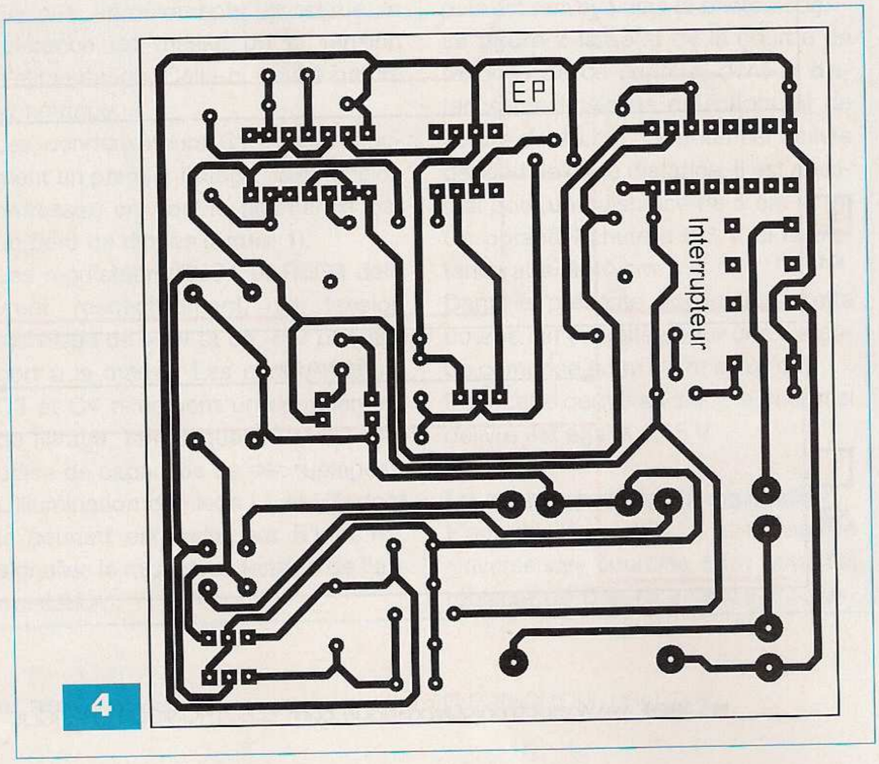
L'apparition d'un état «haut» sur la sortie Q1 sature le transistor T1. Ce dernier insère, dans son circuit collecteur, la bobine d'un relais dont les contacts se ferment aussitôt. Il en résulte l'établissement d'un courant d'alimentation du récepteur connecté sur la sortie du montage.

La diode D1 protège le transistor T1 des effets liés à la surtension de self qui se manifestent, essentiellement, lors des ouvertures du relais.

La réalisation pratique

Le module

La **figure 4** reprend le tracé du circuit imprimé du module. Il n'y a pas de remarque particulière à faire à son



sujet. Le plan de montage des composants est précisé en **figure 5**. Respecter l'orientation des composants polarisés.

Le réglage

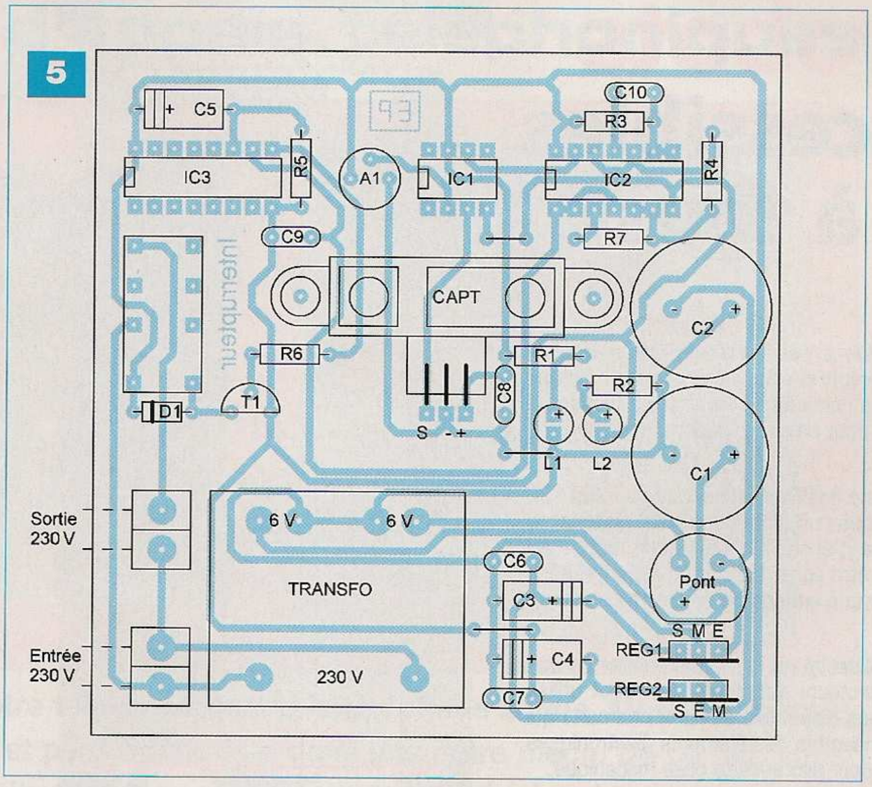
Dans un premier temps, le curseur de l'ajustable A1 est à placer dans une position telle, que le potentiel appliqué sur l'entrée (e-) soit égal à +5 V (curseur à fond, sens antihoraire). Dans cette situation, le montage ne réagit à aucune présence d'obstacle.

Par la suite, le curseur est à tourner dans le sens horaire, pour aboutir à la fermeture des contacts du relais, pour la présence d'un obstacle à 5 cm.

Cette distance pourra ensuite être progressivement augmentée (tout en restant inférieure à 20 cm) par essais successifs et en tournant légèrement le curseur de l'ajustable dans le sens horaire.

R. KNOERR

5


C5
+
C10
R3
R5
IC3
A1
IC1
IC2
R4
C9
R7
Interrupteur
CAPT
C2
-
+
R6
R1
R2
C8
T1
D1
S - +
L1
L2
C1
Sortie 230 V
6 V
6 V
TRANSFO
C6
Pont
C3
Entrée 230 V
230 V
C4
S M E
REG1
REG2
S E M
C7

CD-01
Led
Fichiers PDF - 145 pages
TRIODES
TÉTRODES
PENTODES
30 €
6L6
6550
845
2A3
845
7189/EL84
6V6
7189/EL84
300B
9 AMPLIFICATEURS DE 9 Weff À 65 Weff

Et si vous réalisiez votre ampli à tubes...

Une sélection de 9 amplificateurs de puissances 9 Weff à 65 Weff à base des tubes triodes, tétrodes ou pentodes

Des montages à la portée de tous en suivant pas à pas nos explications

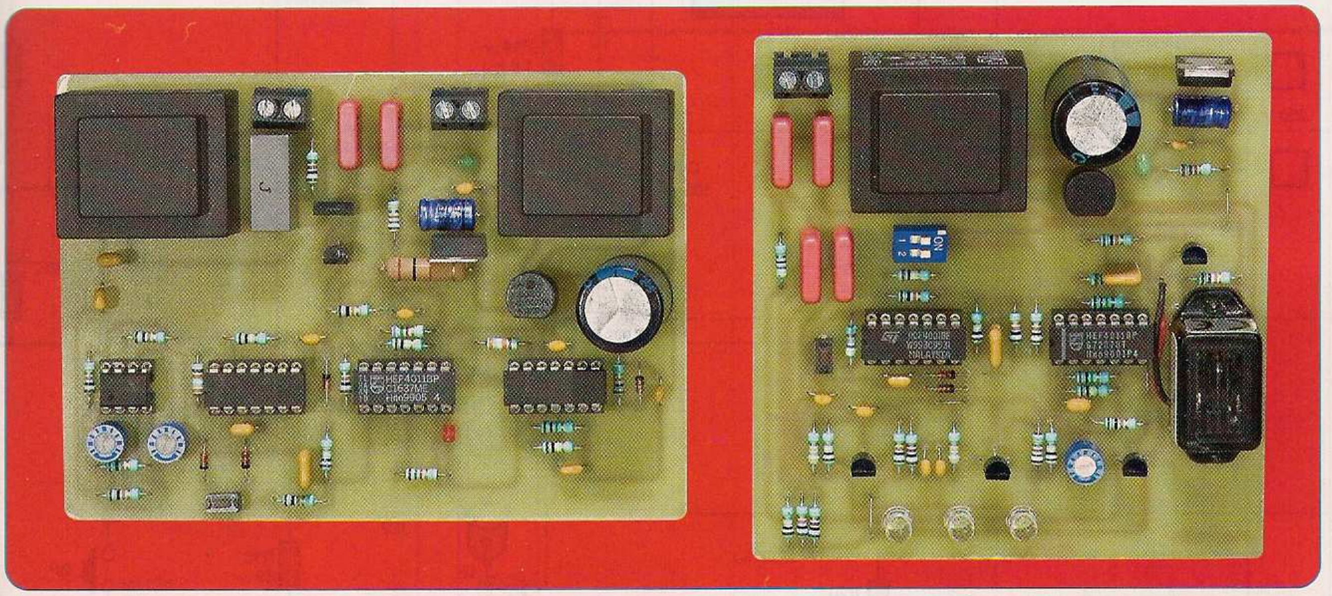
Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) « Et si vous réalisiez votre ampli à tubes... »

France : 30 € Union européenne : 32 € Autres destinations : 33 € (frais de port compris)

Nom : ______ Prénom : ______
Adresse : ______
Code Postal : ______ Ville-Pays : ______
Tél. ou e-mail : ______

Je vous joins mon règlement par : ☐ chèque ☐ virement bancaire *(IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445/BIC : CCFRFRPP)*
A retourner accompagné de votre règlement à : TRANSOCÉANIC 3, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80

Répétiteur d'appels téléphoniques



Vous êtes installés devant votre téléviseur quand le téléphone sonne. Mais, ce dernier ne se trouve pas à proximité et peut même être dans une autre pièce. De ce fait, vous ne l'entendez pas. La même situation se pose lorsque vous bricolez dans votre garage ou dans un tout autre lieu de l'habitation.

Si vous ne voulez pas retirer systématiquement le téléphone portable de son support, le montage que nous vous proposons résoudra favorablement le problème.

Un boîtier «émetteur» est connecté sur une prise téléphonique de l'habitation ainsi que sur une prise de courant pour assurer son alimentation. Un boîtier «récepteur» est, quant à lui, relié sur n'importe quelle autre prise de courant du secteur.

Le principe

Lorsque le boîtier «émetteur» détecte les signaux de sonneries, il génère aussitôt des courants «porteurs» de fréquence élevée dans les fils du secteur. Ces derniers sont, à leur tour, détectés par le boîtier «récepteur». Une signalisation sonore et lumineuse s'active aussitôt.

Le fonctionnement

Module «émetteur»

Alimentation

L'énergie provient du secteur 230 V, par l'intermédiaire d'un transformateur, dont l'enroulement secondaire délivre une tension alternative de 12 V. Un pont de diodes redresse les deux alternances. Le condensateur C1 réalise un premier lissage de la tension continue obtenue (**figure 1**). Sur la sortie du régulateur REG, une tension continue et stabilisée à 9 V est disponible. Un complément de filtrage est apporté par le condensateur C2. Le condensateur C3 est, quant à lui, affecté au découplage de l'alimentation du montage «aval». La led verte L1, dont le courant est limité par R14, signalise la mise sous tension du montage.

Détection des sonneries

Rappelons qu'une ligne téléphonique, au repos, se caractérise par la présence d'une tension continue de l'ordre de 50 V. Si une sonnerie d'appel se manifeste, il se produit la superposition d'un signal alternatif de 25 Hz et d'amplitude ±50 V par rapport à cette composante continue.

Ce signal est appliqué, par l'intermédiaire de R1 et C13, sur l'un des enroulements secondaires de 6 V d'un transformateur TRANSFO 2.

Il est récupéré sur l'autre enroulement de 6 V. Il s'agit donc d'un couplage magnétique sur la ligne téléphonique, ce qui évite toute liaison d'ordre galvanique entre le montage et la ligne téléphonique.

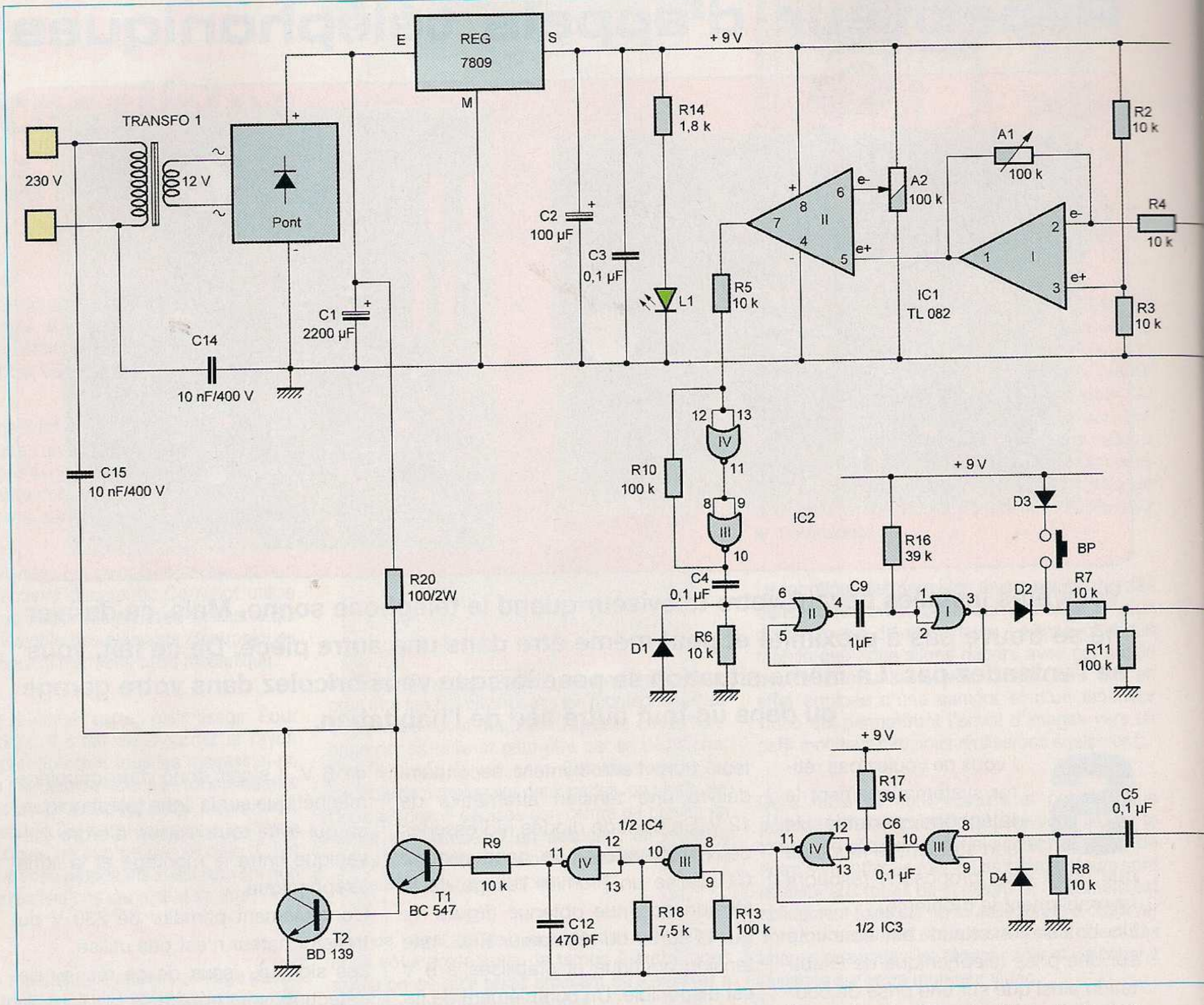
L'enroulement primaire de 230 V du transformateur n'est pas utilisé.

Les signaux, issus de ce réseau de détection, sont appliqués sur l'entrée «inverseuse» de l'amplificateur (I) de IC1, par l'intermédiaire de C8 et R4. L'entrée «non-inverseuse» est soumise à un potentiel fixe de 4,5 V, potentiel imposé par le pont diviseur R2/R3 composé de résistances d'égale valeur. C'est d'ailleurs ce potentiel qui est présent sur la sortie de l'amplificateur au repos. Le gain de cet amplificateur dépend de la position du curseur de l'ajustable A1.

L'entrée «inverseuse» de l'amplificateur (II), du même boîtier, est soumise à un potentiel réglable suivant la position du curseur de l'ajustable A2. Ce potentiel doit être supérieur à la tension de repos de la sortie de l'amplificateur (I).

L'entrée «non-inverseuse» est reliée à la sortie de l'amplificateur (I).

L'amplificateur (II) fonctionne suivant le mode «comparateur» de potentiel.


230 V
TRANSFO 1
12 V
Pont
E
REG
7809
S
M
+9 V
C14
10 nF/400 V
C1
2200 µF
C15
10 nF/400 V
C2
100 µF
C3
0,1 µF
R14
1,8 k
L1
R5
10 k
A2
100 k
e-
e+
II
IC1
TL 082
A1
100 k
I
R2
10 k
R3
10 k
R4
10 k
IV
R10
100 k
III
IC2
C4
0,1 µF
D1
R6
10 k
II
C9
1µF
I
+9 V
D3
R16
39 k
BP
D2
R7
10 k
R11
100 k
R20
100/2W
+9 V
R17
39 k
C6
0,1 µF
C5
0,1 µF
D4
R8
10 k
1/2 IC3
1/2 IC4
R9
10 k
C12
470 pF
R18
7,5 k
R13
100 k
T1
BC 547
T2
BD 139

Ce type de fonctionnement revient à détecter les crêtes positives des signaux de 40 ms de période issus de l'amplificateur (I) (**figure 2**).

Sur la sortie de l'amplificateur (II), apparaissent alors des créneaux aussitôt pris en compte par le trigger de Schmitt constitué des portes NOR (III) et (IV) de IC2 et des résistances R5 et R10. Ce dernier confère, aux signaux, des fronts montants et descendants ayant une allure davantage verticale.

Intégration des signaux de sonneries

Les fronts ascendants provenant de la sortie du trigger sont transmis, par l'intermédiaire de C4, à l'entrée de la bascule monostable formée par les portes NOR (I) et (II) de IC2. La sortie de la bascule délivre alors une suite d'états «haut» d'une durée d'environ 27 ms (0,7 x R16 x C9), avec une périodicité de 40 ms (figure 2).

Le circuit, constitué de D2, R7, R11 et C10, forme un «intégrateur» des créneaux issus de la bascule monostable.

Le condensateur C10 se charge rapidement à travers R7, lors des états «haut», mais ne peut se décharger qu'à une allure plus réduite à travers R11, de valeur plus importante, étant donné le blocage effectué par D2.

En définitive, les entrées réunies de la porte NAND (I) de IC4 sont soumises à un état pseudo «haut», dont la valeur minimale reste en tout cas inférieure à la moitié de la tension d'alimentation.

Sa sortie présente un état «bas» permanent lors des sonneries, tandis que celle de la porte NAND (II) de IC4 présente un état «haut».

Il en résulte l'illumination de la led rouge L2 pendant toute la durée d'une sonnerie.

Rappelons que la phase active d'une sonnerie est de 1,7 s, suivie d'une période de silence de 3,3 s, ce qui correspond à une période totale de 5 s.

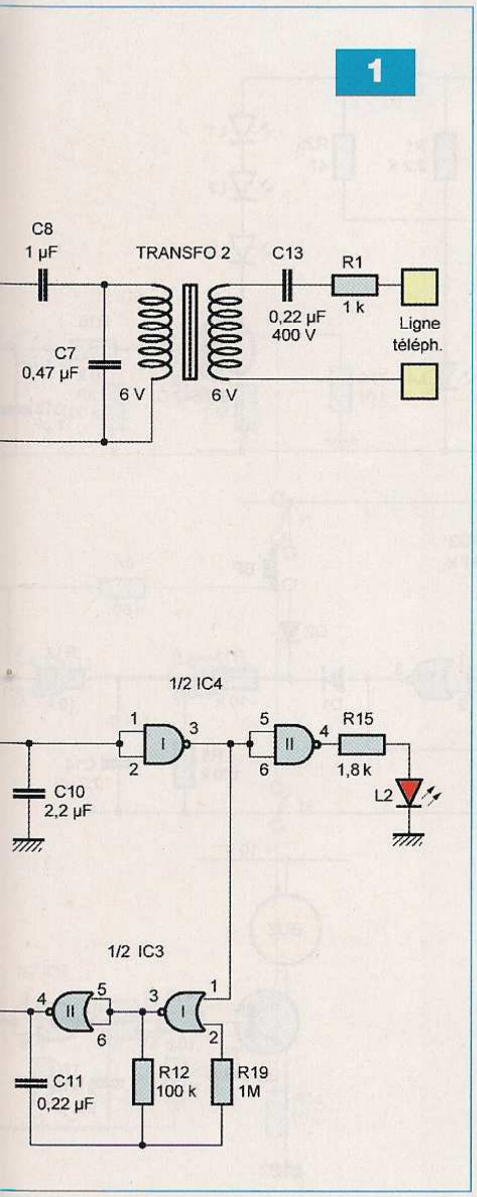
Avec le bouton-poussoir BP, il est possible de simuler, artificiellement, une détection des signaux de sonneries sans que ces derniers n'aient lieu réellement. Cette disposition peut être utile lors des essais.

Génération d'un courant porteur

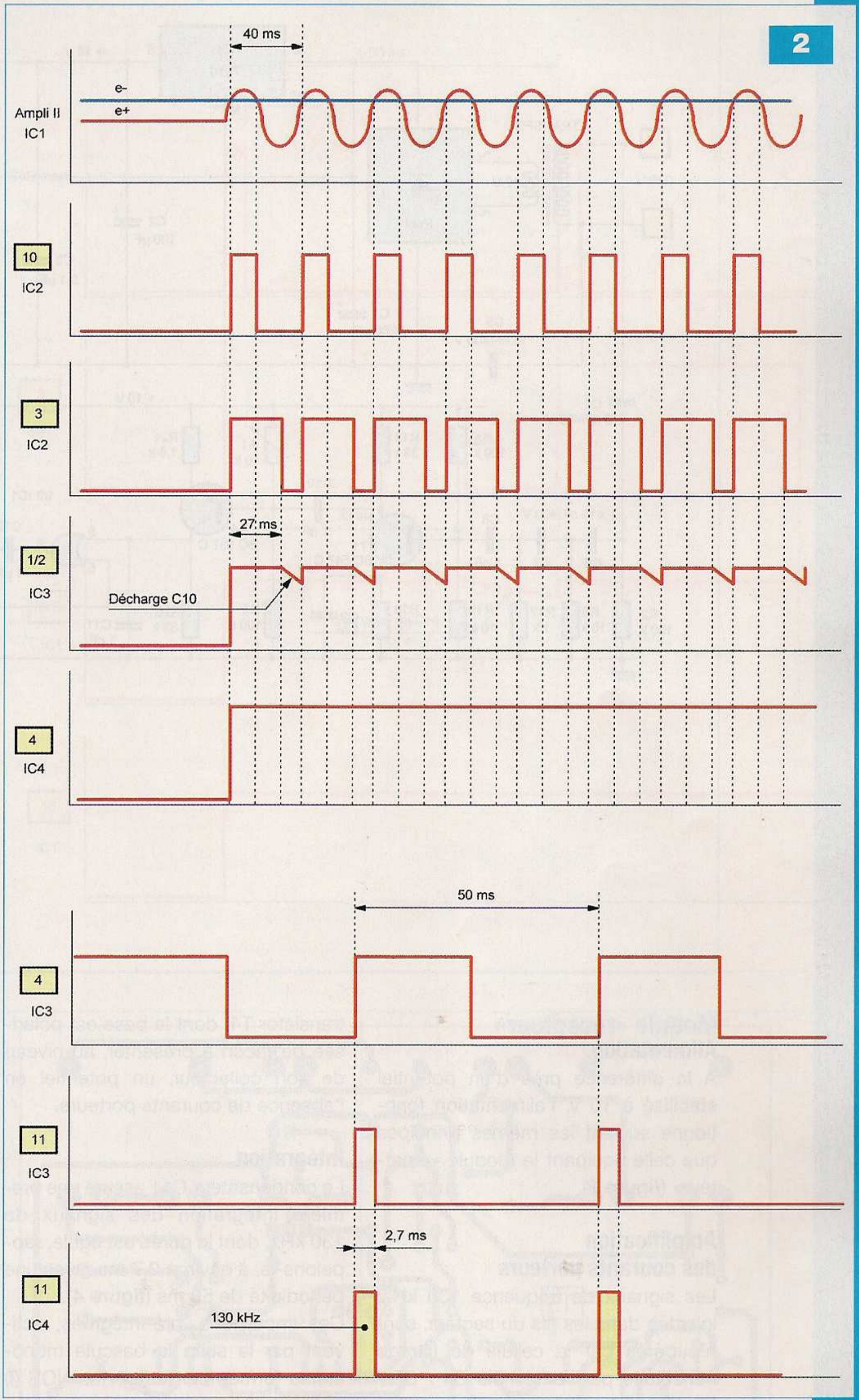
Lorsque l'entrée 1 de l'oscillateur, formé par les portes NOR (I) et (II) de IC3, est soumise à un état «bas», il devient actif.

Il génère, sur sa sortie, des créneaux de forme carrée, caractérisés par

1


C8
1 µF
TRANSFO 2
C13
R1
1 k
0,22 µF
400 V
Ligne
téléph.
C7
0,47 µF
6 V
6 V
1/2 IC4
1
2
3
5
6
4
R15
1,8 k
L2
C10
2,2 µF
1/2 IC3
4
5
6
3
1
2
C11
0,22 µF
R12
100 k
R19
1M

2


40 ms
e-
e+
Ampli II
IC1
10
IC2
3
IC2
27 ms
1/2
IC3
Décharge C10
4
IC4
50 ms
4
IC3
11
IC3
2,7 ms
11
IC4
130 kHz

une période d'environ 50 ms (2,2 x R12 x C11).

Les fronts montants activent, par l'intermédiaire de C5, la bascule monostable constituée par les portes NOR (III) et (IV) de IC3.

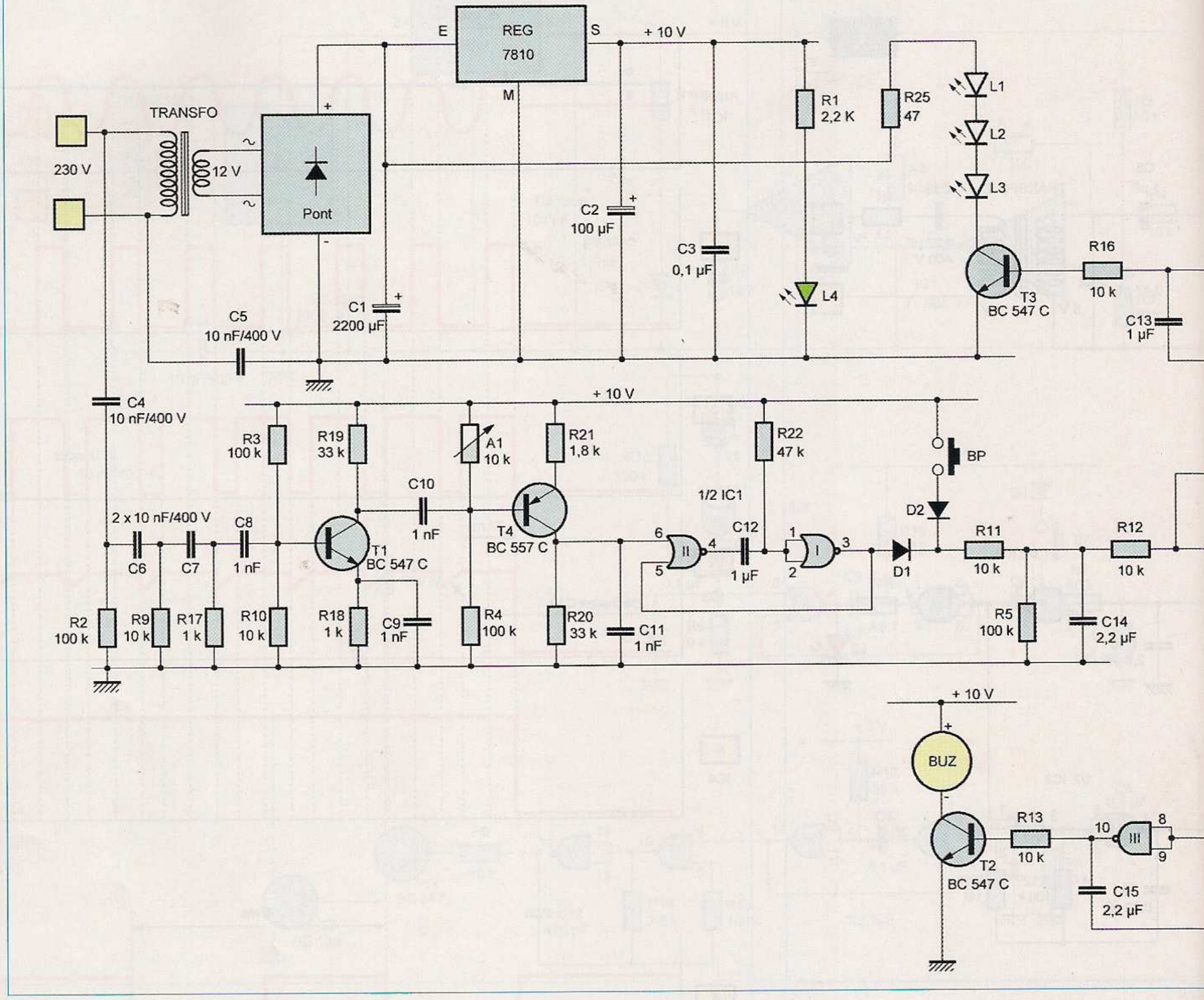
Celle-ci délivre, pour chaque front montant issu de l'oscillateur, un état «haut» d'une durée de l'ordre de 2,7 ms (0,7 x R17 x C6).

Enfin, ce dernier et très bref état «haut» active, à son tour, l'oscillateur formé par les portes NAND (III) et (IV) de IC4, dont la sortie délivre des créneaux caractérisés par une période de l'ordre de 7,7 µs, ce qui correspond à une fréquence d'environ 130 kHz (figure 2).

En définitive, la sortie de ce dernier oscillateur délivre, avec une périodicité de 50 ms, une suite d'oscillations de fréquence 130 kHz, aussitôt transmises sur la base du transistor T1. Il forme avec T2 un Darlington, amplificateur de courant.

Le circuit collecteur de cet amplificateur insère la résistance R20, directement alimentée par le potentiel disponible sur l'armature positive de C1, à savoir une vingtaine de volts.

Ces signaux, ainsi amplifiés, sont injectés dans les fils du secteur, par l'intermédiaire des condensateurs C14 et C15.


REG
7810
E
S
M
+ 10 V
TRANSFO
230 V
12 V
Pont
C1
2200 µF
C2
100 µF
C3
0,1 µF
C5
10 nF/400 V
C4
10 nF/400 V
R1
2,2 K
R25
47
L1
L2
L3
L4
T3
BC 547 C
R16
10 k
C13
1 µF
R3
100 k
R19
33 k
A1
10 k
R21
1,8 k
R22
47 k
BP
C10
1 nF
T4
BC 557 C
1/2 IC1
C12
1 µF
D2
D1
R11
10 k
R12
10 k
2 x 10 nF/400 V
C6
C7
C8
1 nF
T1
BC 547 C
R2
100 k
R9
10 k
R17
1 k
R10
10 k
R18
1 k
C9
1 nF
R4
100 k
R20
33 k
C11
1 nF
R5
100 k
C14
2,2 µF
BUZ
T2
BC 547 C
R13
10 k
C15
2,2 µF
I
II
III
1
2
3
4
5
6
8
9
10

Module «récepteur»

Alimentation

A la différence près d'un potentiel stabilisé à 10 V, l'alimentation fonctionne suivant les mêmes principes que celle équipant le module «émetteur» (**figure 3**).

Amplification des courants porteurs

Les signaux de fréquence 130 kHz, injectés dans les fils du secteur, sont récupérés par la cellule de filtrage constituée par l'ensemble C4 / C5 / R2 / C6, R9 / C7.

Ils sont ensuite appliqués sur la base de T1 par C8, base polarisée par R3 / R10, pour subir une préamplification.

Récupérés sur le collecteur de T1 par C10, ils sont pris en compte par le transistor T4, dont la base est polarisée de façon à présenter, au niveau de son collecteur, un potentiel en l'absence de courants porteurs.

Intégration

Le condensateur C11 assure une première intégration des signaux de 130 kHz, dont la durée est égale, rappelons-le, à environ 2,7 ms, avec une périodicité de 50 ms (**figure 4**).

Ces impulsions, pré-intégrées, activent par la suite la bascule monostable formée par les portes NOR (I) et (II) de IC1.

Cette dernière présente, sur sa sortie, des états «haut» caractérisés par une durée de l'ordre de 33 ms (0,7 x R22 x C12).

Ces états «haut» transitent, enfin, par le circuit intégrateur formé de D1, R11, R5 et C14. Le principe de fonctionnement a déjà été explicité pour le paragraphe consacré au module «récepteur».

Enfin, sur la sortie du trigger NOR (III) et (IV) de IC1 apparaît :

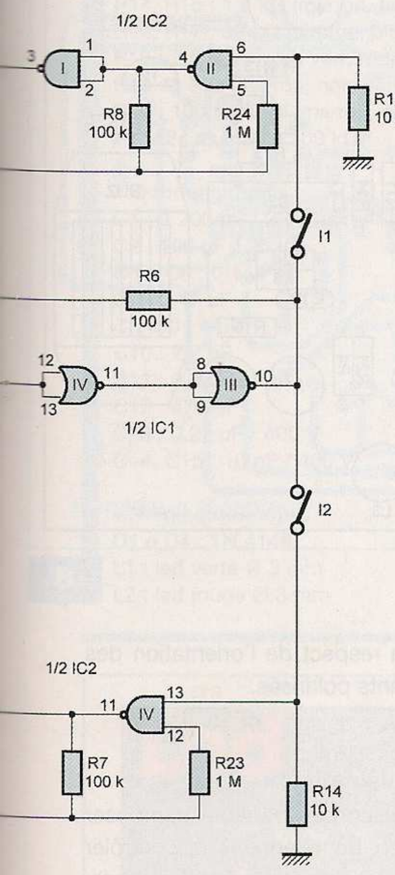
- un état «haut» lors de la détection des courants porteurs
- un état «bas» en situation de veille

A noter que, l'appui sur le bouton-poussoir BP permet, lors des essais, de simuler une réception des courants porteurs sans que ces derniers se produisent réellement.

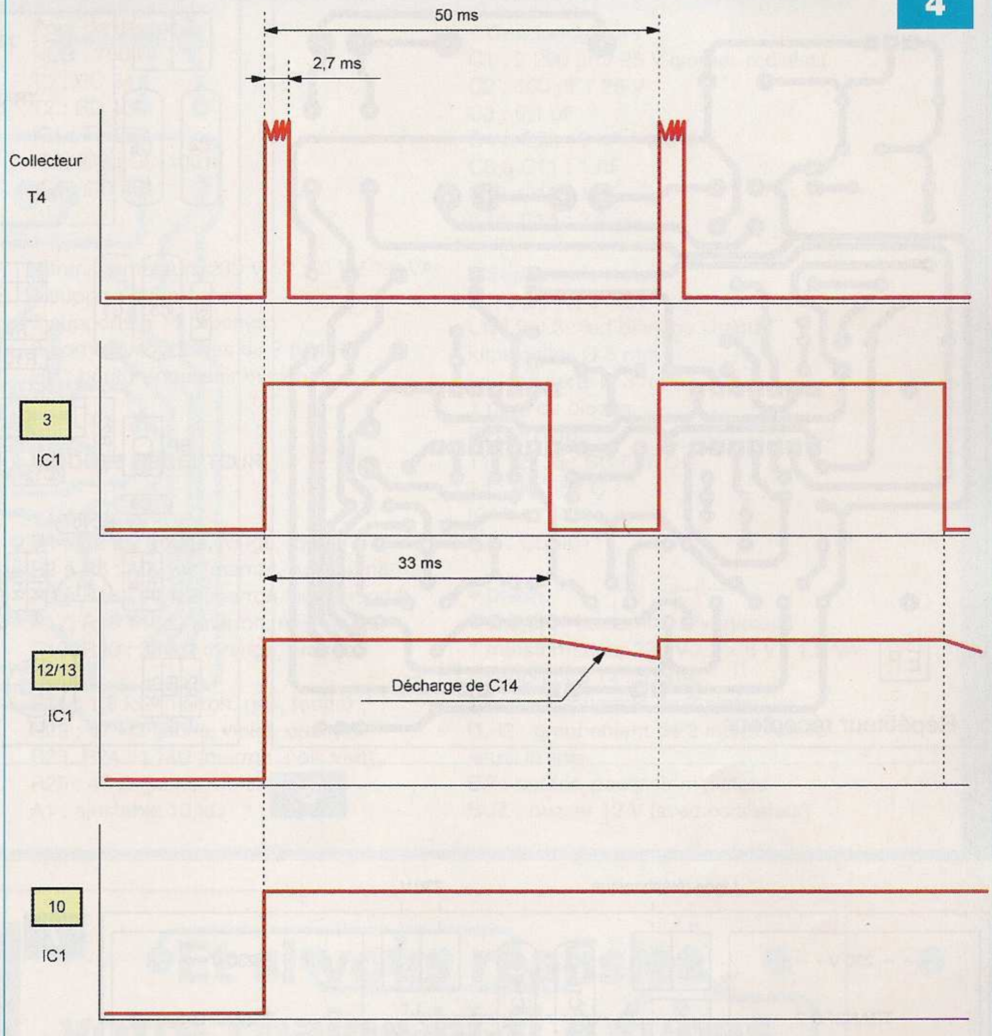
Effet lumineux

Si l'interrupteur I1 est fermé, l'apparition d'un état «haut» sur la sortie du trigger a pour conséquence l'activation de l'oscillateur formé par les

3


1/2 IC2
3
1
2
I
4
6
II
5
R8
100 k
R24
1 M
R15
10 k
I1
R6
100 k
12
IV
11
13
8
III
10
9
1/2 IC1
I2
1/2 IC2
11
IV
13
12
R7
100 k
R23
1 M
R14
10 k

4



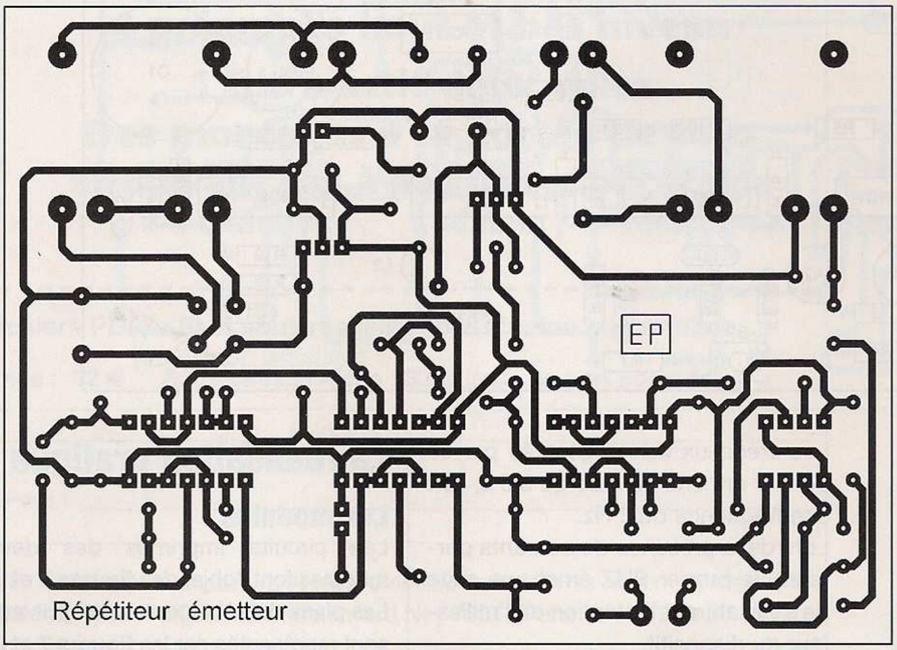
portes NAND (I) et (II) de IC2. Ce dernier présente, sur sa sortie, des créneaux de forme carrée, caractérisés par une période de 220 ms (2,2 x R8 x C13).

Lors des états «haut», le transistor T3 se sature.

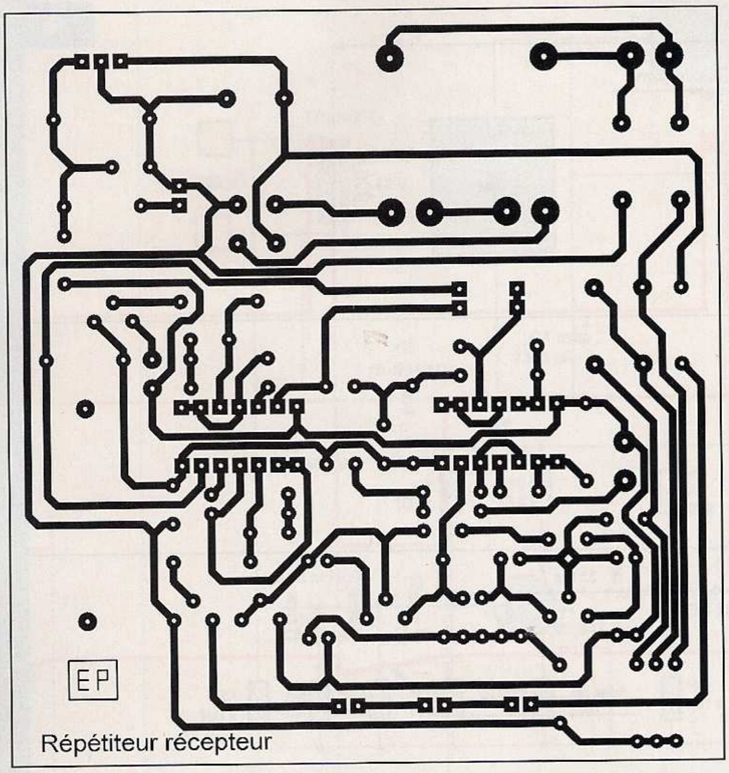
Il comporte, dans son circuit collecteur, trois leds blanches à «haute luminosité», dont les illuminations attirent l'attention à l'instar de «flashs», pendant la sonnerie d'appel. La résistance R25 limite le courant dans les leds à environ 30 mA.

Effet sonore

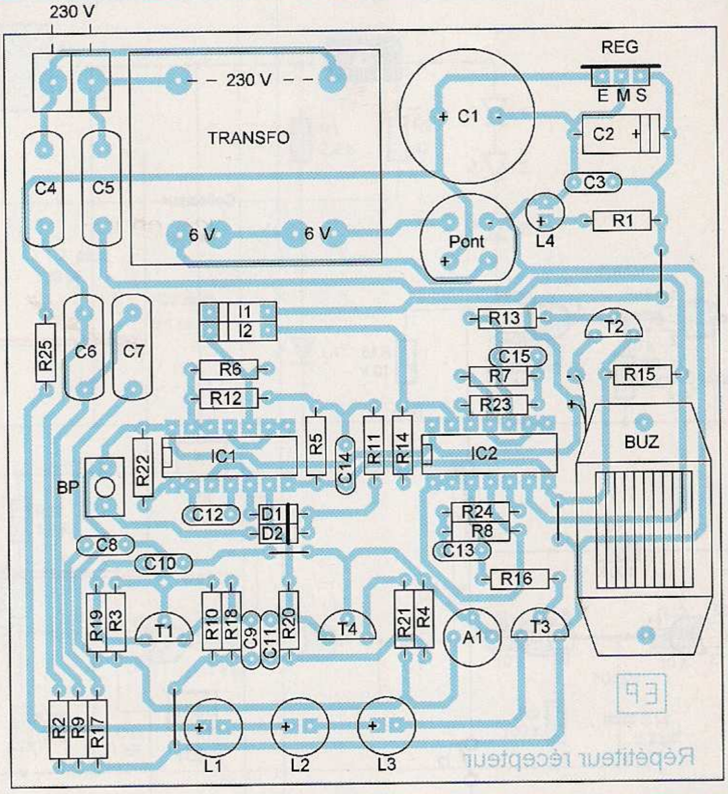
La fermeture de l'interrupteur I2 a pour conséquence, toujours en cas de présence des courants porteurs, d'activer l'oscillateur formé par les portes NAND (III) et (IV) de IC2.


EP
Répétiteur émetteur

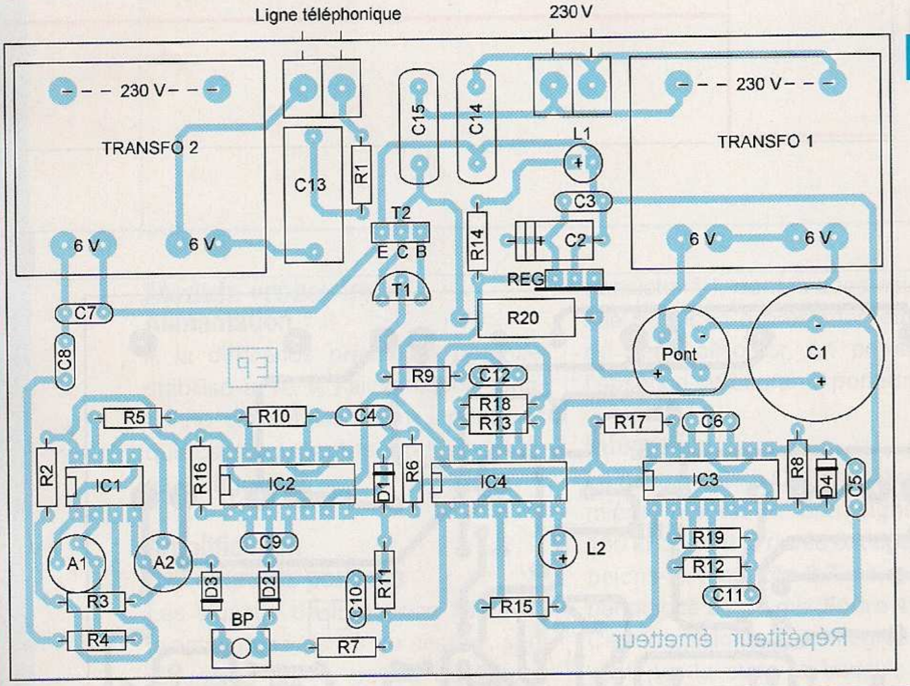
5


EP
Répétiteur récepteur

6


230 V
230 V
TRANSFO
6 V
6 V
REG
E M S
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
Pont
L4
R1
I1
I2
R25
R6
R12
R13
C15
R7
R23
T2
R15
BUZ
IC1
IC2
R5
C14
R11
R14
R22
BP
C12
D1
D2
C8
C10
R24
R8
C13
R16
R19
R3
T1
R10
R18
C9
C11
R20
T4
R21
R4
A1
T3
R2
R9
R17
L1
L2
L3
EP
Répétiteur récepteur

8


Ligne téléphonique
230 V
230 V
TRANSFO 2
6 V
6 V
C13
R1
C15
C14
L1
C3
230 V
TRANSFO 1
T2
E C B
R14
C2
6 V
6 V
REG
T1
C7
R20
C8
Pont
C1
EP
R9
C12
R5
R10
C4
R18
R13
R17
C6
R2
IC1
R16
IC2
D1
R6
IC4
IC3
R8
D4
C5
C9
L2
R19
A1
A2
D3
D2
R11
R12
C10
C11
R3
R15
BP
R4
R7
Répétiteur émetteur

7

Les créneaux carrés générés par ce dernier ont une période de 0,5 s, soit une fréquence de 2 Hz.

Lors de la présence de courants porteurs, le buzzer BUZ émet une suite de sons attirant l'attention de l'utilisateur du dispositif.

La réalisation pratique

Les modules

Les circuits imprimés des deux modules font l'objet des **figures 5 et 6**. Les plans du câblage des composants sont représentés par les **figures 7 et 8**. Veiller au respect de l'orientation des composants polarisés.

Les réglages

Module «émetteur»

Avec un téléphone portable, composer le numéro du téléphone à contrôler pour obtenir des sonneries. En observant les signaux présents sur la sortie 7 de IC1 sur un écran d'oscilloscope, régler le curseur de l'ajustable A2 pour obtenir une suite d'états «haut».

Concernant l'ajustable A1, la position médiane du curseur convient généralement. Si le signal visible sur la sortie 1 s'avérait trop important en amplitude, il conviendrait de réduire le gain de l'amplificateur (I) en tournant le curseur dans le sens antihoraire.

Module «récepteur»

En appuyant sur le bouton-poussoir du module «émetteur», le curseur de l'ajustable A1 est à positionner de façon à obtenir un état «haut» au niveau du collecteur de T4, tout en observant un potentiel nul si le bouton-poussoir du module «émetteur» n'est plus actionné.

R. KNOERR

Nomenclature

MODULE ÉMETTEUR

• Résistances

R1 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R2 à R9 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R10 à R13 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R14, R15 : 1,8 kΩ (marron, gris, rouge)
R16, R17 : 39 kΩ (orange, blanc, orange)
R18 : 7,5 kΩ (violet, vert, rouge)
R19 : 1 MΩ (marron, noir, vert)
R20 : 100 Ω / 2 W (marron, noir, marron)
A1, A2 : ajustable 100 kΩ

• Condensateurs

C1 : 2 200 µF / 25 V (sorties radiales)
C2 : 100 µF / 25 V
C3 à C6 : 0,1 µF
C7 : 0,47 µF
C8, C9 : 1 µF
C10 : 2,2 µF
C11 : 0,22 µF
C12 : 470 pF
C13 : 0,22 µF / 400 V
C14, C15 : 10 nF / 400 V

• Semiconducteurs

D1 à D4 : 1N 4148
L1 : led verte Ø 3 mm
L2 : led rouge Ø 3 mm
Pont de diodes
REG : 7809
T1 : BC 547
T2 : BD 139
IC1 : TL 082
IC2, IC3 : CD 4001
IC4 : CD 4011

• Divers

2 transformateurs 230 V / 2 x 6 V / 1,2 VA
1 support à 8 broches
3 supports à 14 broches
2 borniers soudables de 2 plots
BP : bouton-poussoir miniature

MODULE RÉCEPTEUR

• Résistances

R1 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
R2 à R8 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R9 à R16 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R17, R18 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R19, R20 : 33 kΩ (orange, orange, orange)
R21 : 1,8 kΩ (marron, gris, rouge)
R22 : 47 kΩ (jaune, violet, orange)
R23, R24 : 1 MΩ (marron, noir, vert)
R25 : 47 Ω (jaune, violet, noir)
A1 : ajustable 10 kΩ

• Condensateurs

C1 : 2 200 µF / 25 V (sorties radiales)
C2 : 100 µF / 25 V
C3 : 0,1 µF
C4 à C7 : 10 nF / 400 V
C8 à C11 : 1 nF
C12, C13 : 1 µF
C14, C15 : 2,2 µF

• Semiconducteurs

D1, D2 : 1N 4148
L1, L2, L3 : led blanche «haute luminosité» Ø 5 mm
L4 : led verte Ø 3 mm
1 pont de diodes
REG : 7810
T1, T2, T3 : BC 547 C
T4 : BC 557 C
IC1 : CD 4001
IC2 : CD 4011

• Divers

4 straps (1 horizontal, 3 verticaux)
1 transformateur 230 V / 2 x 6 V / 1,2 VA
2 supports à 14 broches
1 bornier soudable de 2 plots
I1, I2 : groupement de 2 interrupteurs «dual in line»
BP : bouton-poussoir miniature
BUZ : buzzer 12 V (avec oscillateur)

CD-02
Led
Fichiers PDF - 137 pages
AMPLIFICATEURS PUSH-PULL ET SINGLE END
PRÉAMPLIFICATEURS ECF82-ECL86-ECC83-ECC81
FILTRE ACTIF 2 VOIES
30 €
FILTRE ACTIF 2 VOIES
PUSH-PULL EL34
PUSH-PULL KT90
PRÉAMPLI ECF82
QUADRUPLE PUSH-PULL 6L6
TRIPLE PUSH-PULL EL34
PRÉAMPLI ECL86
SINGLE END 6V6
QUADRUPLE PUSH-PULL EL84
PRÉAMPLIFICATEURS HAUT ET BAS NIVEAU A ECC83/ECC81
PUSH-PULL ECL86
SINGLE END ECL86

Et si vous réalisiez votre chaîne hi-fi à tubes...

8 amplis de puissances 4 à 120 Weff
4 préamplis haut et bas niveau
1 filtre actif deux voies
Des montages à la portée de tous en suivant pas à pas nos explications

Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) « Et si vous réalisiez votre chaîne hi-fi à tubes... »

France : 30 € Union européenne : 32 € Autres destinations : 33 € (frais de port compris)

Nom : ______________________ Prénom : ______________
Adresse : ______________
Code Postal : __________ Ville-Pays : ______________
Tél. ou e-mail : ______________

Je vous joins mon règlement par : ☐ chèque ☐ virement bancaire *(IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445/BIC : CCFRFRPP)*
A retourner accompagné de votre règlement à : TRANSOCÉANIC 3, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80

Wattmètre audio
de 0,2 W à 100 W

Il est construit autour du circuit intégré LM3915 de National Semiconductor. Ce n'est pas une nouveauté technologique, mais avec ses 10 diodes leds il permet de réaliser un wattmètre assez précis dans un tout petit volume.

Le schéma

Il vous est proposé en **figure 1**. Nous voyons tout de suite que 10 diodes leds permettent d'afficher des puissances aussi faibles que 0,2 W (200 mW) mais également un maximum de 100 W.

Le potentiel d'alimentation est découplé par le condensateur C1 de 2,2 µF.

La modulation est appliquée à la broche 5 du LM3915, à travers un diviseur de tension R/R1.

La résistance R est sélectionnée en fonction de l'impédance de charge de l'enceinte acoustique, qui peut avoir les valeurs de 4-8 et parfois 16 Ω.

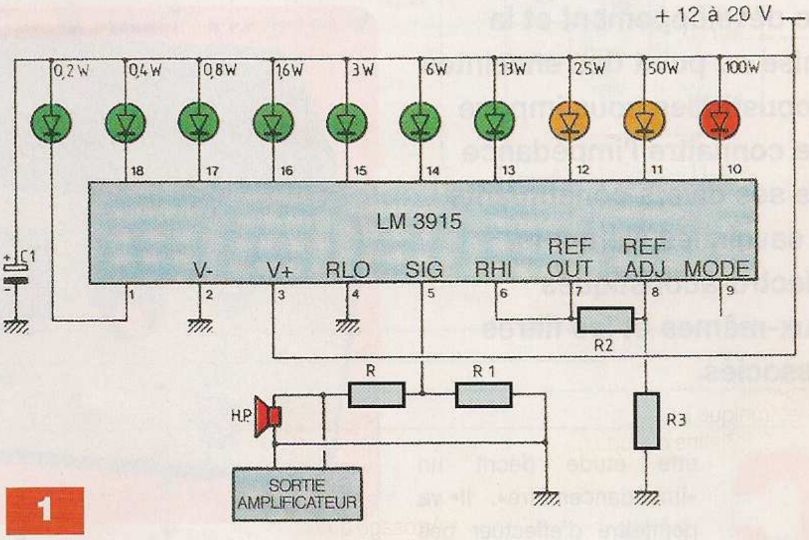
La modulation est prélevée directement aux bornes HP de l'amplificateur.

Pour permettre un meilleur contrôle de la puissance délivrée par l'appareil, il est conseillé d'utiliser des diodes leds de visualisation de couleurs différentes, par exemple :

- 7 diodes leds vertes visualisant les puissances de 0,2 W à 13 W
- 2 diodes leds oranges pour les puissances de 25 W et 50 W
- 1 diode led rouge pour le maximum de 100 W.

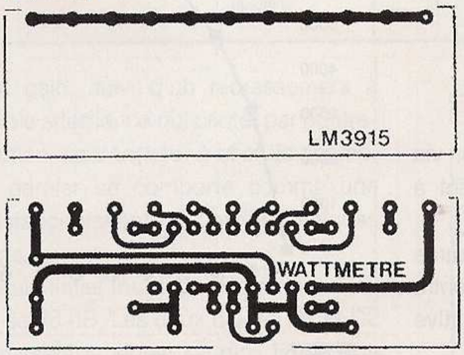
Réalisation

Un tout petit circuit imprimé à réaliser en double face, dont la **figure 2** reproduit le tracé des pistes cuivrées à l'échelle 1.

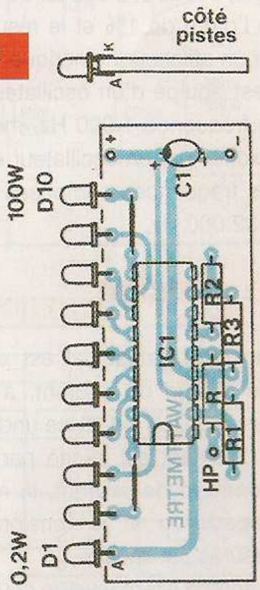

+ 12 à 20 V
0,2 W
0,4 W
0,8 W
1,6 W
3 W
6 W
13 W
25 W
50 W
100 W
18
17
16
15
14
13
12
11
10
LM 3915
+ C1
V-
V+
RLO
SIG
RHI
REF OUT
REF ADJ
MODE
1
2
3
4
5
6
7
8
9
R2
R
R1
R3
H.P.
SORTIE AMPLIFICATEUR

1

2


LM3915
WATTMETRE

3


côté pistes
A
K
100W
D10
C1
R2
R3
IC1
R
R1
HP
WATTMETRE
0,2W
D1
A

Nomenclature

- **Résistances à couche 1/2 W / ±5 %**

R1 : 10 kΩ
R2 : 390 Ω
R3 : 2,7 kΩ
R : 10 kΩ (HP de 4 Ω)
R : 18 kΩ (HP de 8 Ω)
R : 30 kΩ (HP de 16 Ω)

- **Condensateur tantale goutte**

C1 : 2,2 µF / 25 V

- **Semiconducteurs**

IC1 : LM3915
10 diodes leds ø3 mm dont :
- 7 vertes
- 2 oranges
- 1 rouge

Le câblage

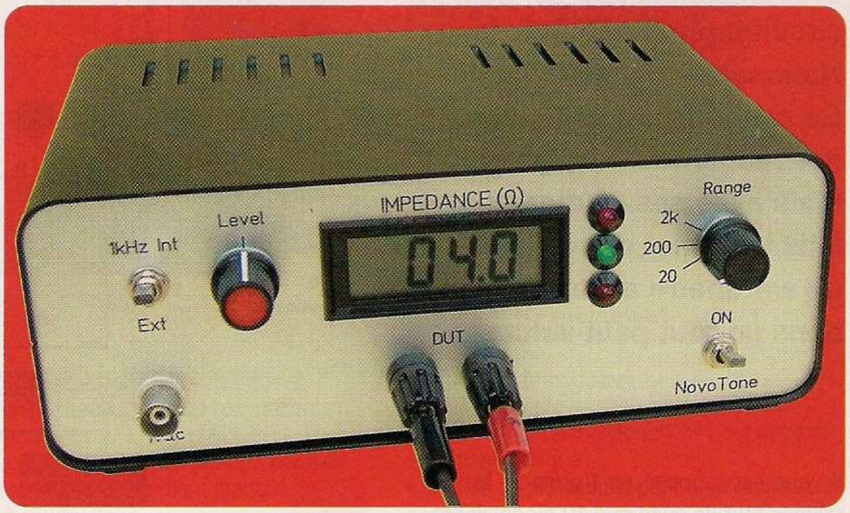
Quelques composants et surtout des diodes leds comme l'indique le plan de câblage de la **figure 3**. Les diodes leds sont plaquées contre la tranche du circuit imprimé, toutes les anodes se retrouvant côté composants. Surtout ne pas inverser les polarités (A) et (K).

EP

Impédancemètre

Mesure de l'impédance des haut-parleurs

Le développement et la mise au point des enceintes acoustiques nous impose de connaître l'impédance de ses divers constituants, à savoir, les éléments électro-acoustiques eux-mêmes et les filtres associés.



Cette étude décrit un «Impédancemètre». Il va permettre d'effectuer des mesures en trois gammes : 20 Ω, 200 Ω et 2 000 Ω. Sa précision est de l'ordre de 1% et le résultat apparait sur un afficheur numérique.

Il est équipé d'un oscillateur sinusoïdal de fréquence 1 000 Hz, mais peut être «excité» par un oscillateur externe pour des fréquences comprises entre 16 Hz et 32 000 Hz.

Le principe

Un signal sinusoïdal est appliqué, via une source de courant, à l'élément à mesurer (DUT = Device under test).

Si l'élément est excité par une source alternative de courant, la relation entre l'impédance et la tension alternative mesurée est linéaire.

La source alternative de courant est réalisée par l'excitation d'une grande résistance, grande par rapport à l'impédance à mesurer.

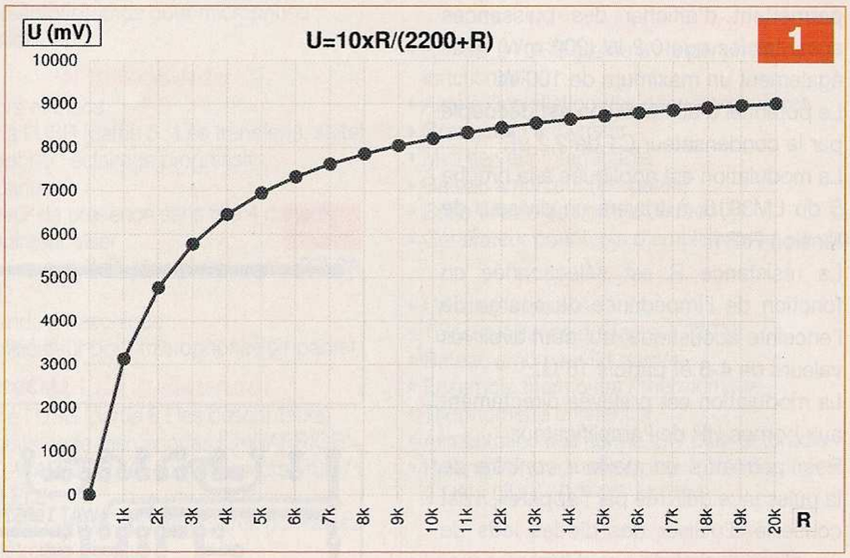
Ainsi, l'élément à mesurer, dans la gamme 20 Ω, est excité par une tension de 10 Vac et une résistance «série» de 2 200 Ω.

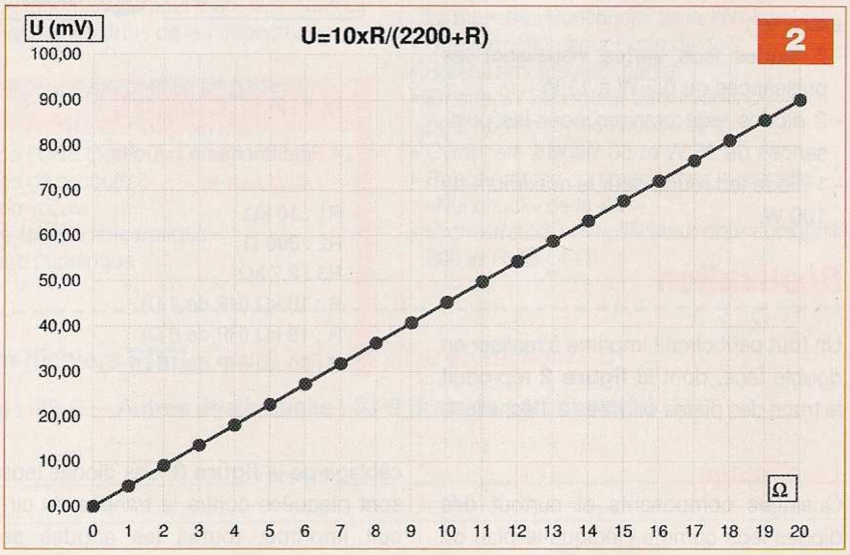
La tension mesurée vaut alors :

$$U = \frac{10 \times R}{2\,200 + R}$$

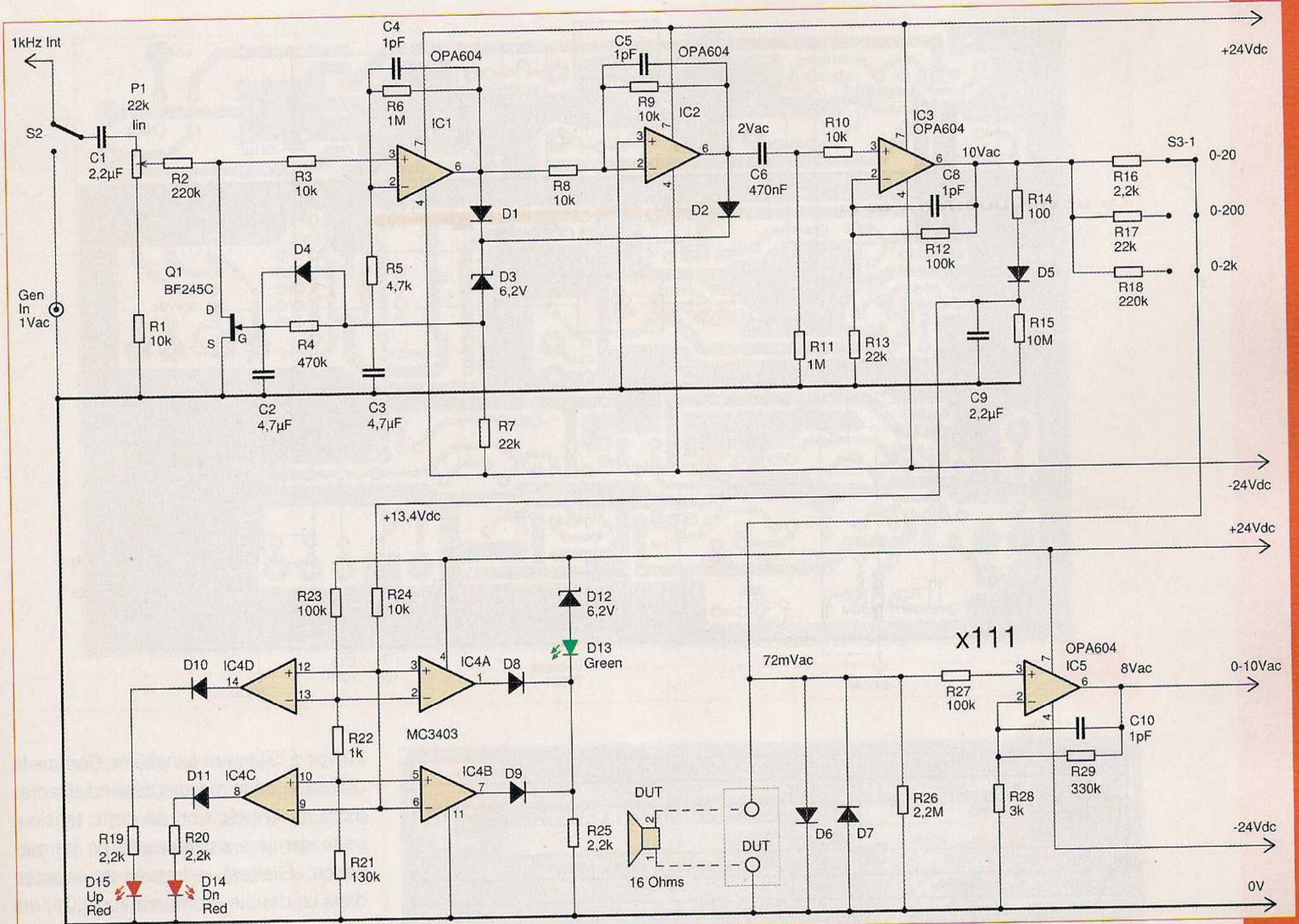
Le mathématicien établira que, pour la variable (R) tendant vers l'infini, la limite de (U) fait 10.

Confirmation de l'électronicien : la sour-





4


1kHz Int
S2
C1
2,2µF
P1
22k
lin
R2
220k
Gen
In
1Vac
R1
10k
Q1
BF245C
D
S
G
D4
R4
470k
C2
4,7µF
C4
1pF
R6
1M
OPA604
IC1
R3
10k
R5
4,7k
C3
4,7µF
D1
D3
6,2V
R7
22k
R8
10k
C5
1pF
R9
10k
OPA604
IC2
D2
2Vac
C6
470nF
R10
10k
R11
1M
R13
22k
IC3
OPA604
10Vac
C8
1pF
R12
100k
R14
100
D5
R15
10M
C9
2,2µF
S3-1
R16
2,2k
R17
22k
R18
220k
0-20
0-200
0-2k
+24Vdc
-24Vdc
+13,4Vdc
R23
100k
R24
10k
D12
6,2V
D13
Green
D10
IC4D
IC4A
D8
R22
1k
MC3403
D11
IC4C
IC4B
D9
R25
2,2k
R21
130k
R19
2,2k
R20
2,2k
D15
Up
Red
D14
Dn
Red
DUT
16 Ohms
72mVac
D6
D7
R26
2,2M
x111
R27
100k
R28
3k
OPA604
IC5
8Vac
C10
1pF
R29
330k
0-10Vac
0V

ce faisant 10 Vac, nous ne dépasserons jamais les 10 Vac…

Mais, si R varie de 0 à l'infini, la relation U-R… n'est pas linéaire (**figure 1**).

Si, toutefois, nous limitons R à 20 Ω, nous n'utilisons qu'une infime portion de départ de la relation U-R.

Dans ce cas, la relation est presque linéaire, comme montré en **figure 2**.

La **figure 3** reprend le tableau des erreurs de mesure. Elles sont identiques pour les gammes 200 Ω et 2 000 Ω.

Le schéma

La stabilisation de l'amplitude

Le signal sinusoïdal est appliqué à un circuit stabilisateur d'amplitude, afin de garder bien constante l'amplitude d'excitation de la DUT pour des fréquences comprises entre 16 Hz et 32 kHz.

Cette précaution est indispensable pour rester sous les 1 % de précision dans la mesure, quelle que soit la fréquence.

Le circuit consiste en un amplificateur à haut gain, suivi d'un redressement à double alternance qui pilote, par contre-réaction, un transistor à effet de champ. Ce dernier se comporte comme une résistance variant de l'infini à quelques ohms.

Le gain initial fourni par le premier AOP est de 46 dB. Les deux diodes D1 et D2 redressent le signal «audio» en double alternance (**figure 4**).

L'effet de champ est un BF245C. Pour obtenir, au départ, que ce transistor présente une «résistance de barreau» infinie, il faut le polariser négativement, ici à -6 Vdc.

Cette polarisation est obtenue par la diode zéner D3, qui soustrait 6,2 Vdc au signal redressé.

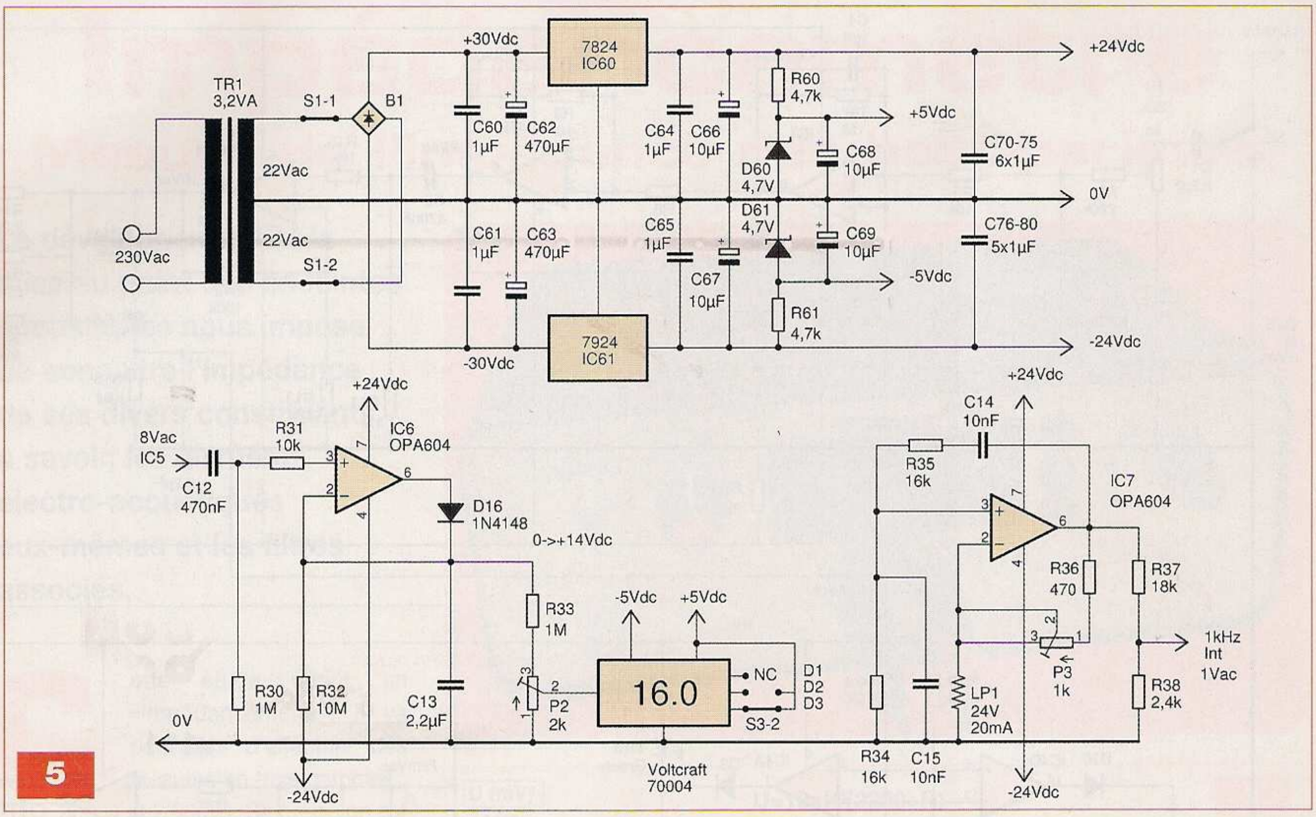
Une éventuelle variation de l'amplitude de l'oscillateur fait immédiatement varier la tension de «polarisation» et provoque la diminution ou l'augmentation de la «résistance du barreau» de Q1.

Cette contre-réaction limite le signal en sortie à 1,6 Vac.

R-DUT	U-DUT	Erreur
0	0,00	0,00%
1	4,54	0,04%
2	9,08	0,08%
3	13,62	0,12%
4	18,15	0,15%
5	22,68	0,18%
6	27,20	0,20%
7	31,72	0,22%
8	36,23	0,23%
9	40,74	0,24%
10	45,25	0,25%
11	49,75	0,25%
12	54,25	0,25%
13	58,74	0,24%
14	63,23	0,23%
15	67,72	0,22%
16	72,20	0,20%
17	76,68	0,18%
18	81,15	0,15%
19	85,62	0,12%
20	90,09	0,09%

3

Pour une tension «d'excitation» comprise entre 0,9 et 1,1 Vac, le signal en sortie varie de 40 mVac au maximum.


TR1
3,2VA
230Vac
22Vac
22Vac
S1-1
S1-2
B1
+30Vdc
-30Vdc
C60 1µF
C62 470µF
C61 1µF
C63 470µF
7824 IC60
7924 IC61
C64 1µF
C66 10µF
C65 1µF
C67 10µF
R60 4,7k
R61 4,7k
D60 4,7V
D61 4,7V
C68 10µF
C69 10µF
+5Vdc
-5Vdc
C70-75 6x1µF
C76-80 5x1µF
+24Vdc
0V
-24Vdc
8Vac
IC5
C12 470nF
R31 10k
IC6 OPA604
D16 1N4148
0->+14Vdc
R30 1M
R32 10M
C13 2,2µF
R33 1M
P2 2k
16.0
Voltcraft 70004
NC
D1
D2
D3
S3-2
C14 10nF
R35 16k
IC7 OPA604
R36 470
R37 18k
P3 1k
R38 2,4k
1kHz Int 1Vac
LP1 24V 20mA
R34 16k
C15 10nF

5

Alimentation en tension continue :	9V ou 5V ou +/-5V (8 à 30V avec adaptateur de mesure)
Consommation de courant :	env. 3 mA
Ecran :	à 3 ½ caractères LCD, (afficheur à cristaux liquides) Affichage 1999
Polarité :	Signe automatique en cas d'entrée négative
Affichage de dépassement :	„1" ou „-1"
Tension de mesure maxi :	199,9 mV DC (sans adaptateur de mesure)
Exactitude de mesure :	+/- (0,1% +2 digits) pour +23 °C (+/- 5 °C) et une humidité relative de l'air de <80%. non condensante
Résolution :	0,1 mV
Cadence d'acquisition :	2-3 mesures par seconde
Résistance interne :	>/= 1000 MOhm
Hauteur des chiffres :	14 mm
Dimensions du boîtier avant :	62mm x 26mm x 19mm (L x H x P)
Dimensions de l'ouverture d'emplacement :	60mm x 24mm

6

IMPEDANCE (Ω)
18.0
Level
1kHz Int
Ext
Range
2k
200
20
ON
DUT
NovoTone
1V

A

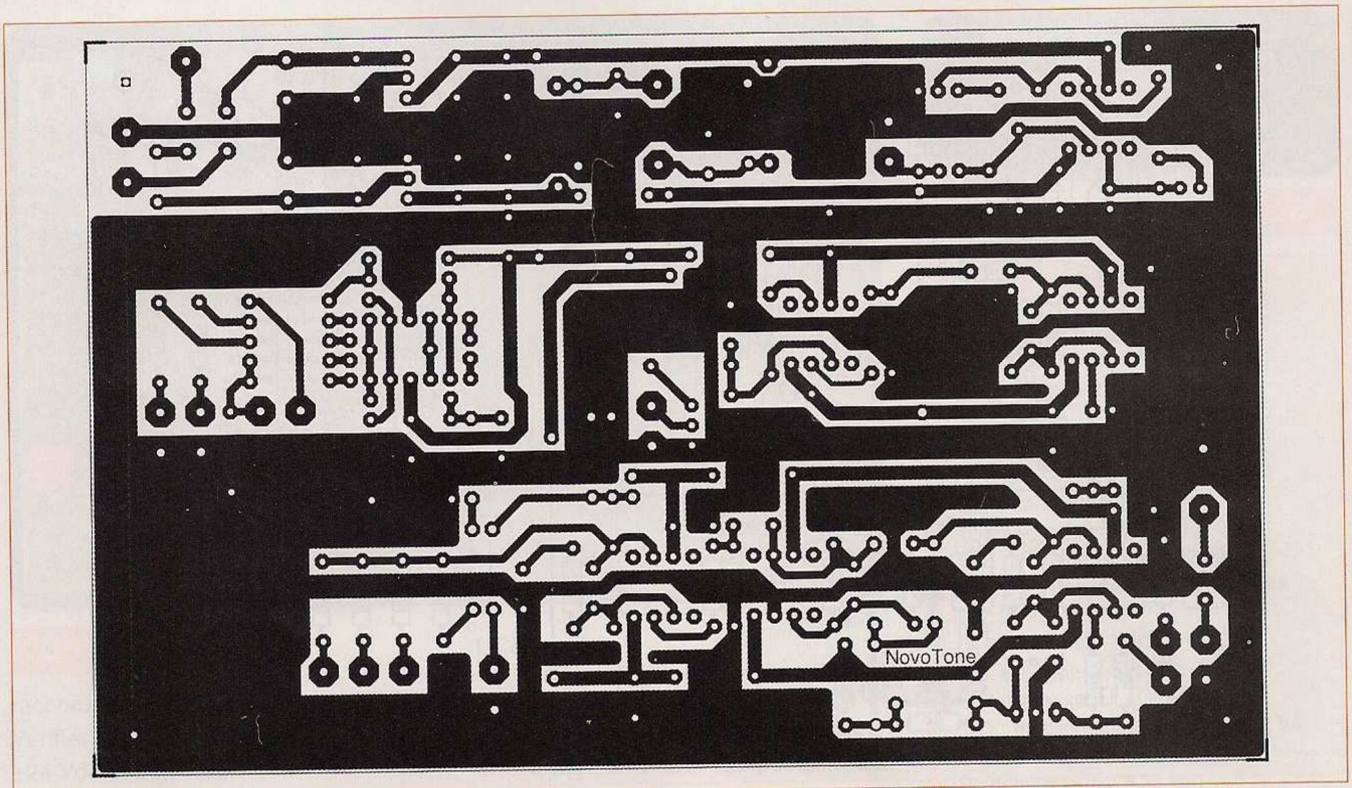
Tout générateur, dont la stabilité en amplitude est inférieure à 1 dB, permettra une mesure directe sans réajustement de l'amplitude. Le signal, stabilisé, est appliqué à un amplificateur (IC3) «tampon» qui fournit la tension de 10 Vac à l'élément à mesurer. Comme la précision de la mesure dépend directement de la précision de cette tension, cette dernière est mesurée en permanence. Elle est redressée et injectée dans un double «comparateur» (IC4) qui pilote trois leds. La led verte D13 s'illumine quand le signal «d'excitation» se trouve compris dans une fourchette de 0,1 dB. La led D15 s'illumine quand le signal est trop important et la led D14 quand il est trop faible.

En clair, tant que la led verte est illuminée, la mesure est correcte et conforme aux spécifications.

La mesure

Pour la compréhension du schéma, nous publions les tensions mesurées avec une DUT de 16 Ω. La tension développée aux bornes de l'élément fait 72 mVac. Cette tension est amplifiée d'un facteur 111, pour obtenir 8 Vac environ en sortie de IC5. Cette tension pilote un circuit redresseur, sans seuil, pour obtenir +10,7 Vdc (**figure 5**). La tension de «mesure» est mise à niveau par le pont diviseur R33 / P2, pour obtenir les +16,0 mVdc appliqués sur l'afficheur… qui indiquera [16.0].

L'afficheur présente une gamme de tension d'entrée de 199,9 mVdc (**figure 6**).



7

Nous aurions pu, en remplaçant P2 par une valeur de 20 kΩ, appliquer une tension de 160 mVdc et afficher dans ce cas [16.00]. Toutefois, la précision des mesures étant au maximum de l'ordre de 1%, ce quatrième digit est non significatif et … perturbant.

L'oscillateur embarqué

Le circuit choisi est un oscillateur de Wien, de fréquence 1 kHz, décrit de nombreuses fois dans notre revue.

La stabilisation de l'amplitude est assurée par l'ampoule LP1.

Le potentiomètre P3 règle la tension de sortie, pour une valeur de 10 Vac environ. Nous y reviendrons pour le calibrage de l'appareil.

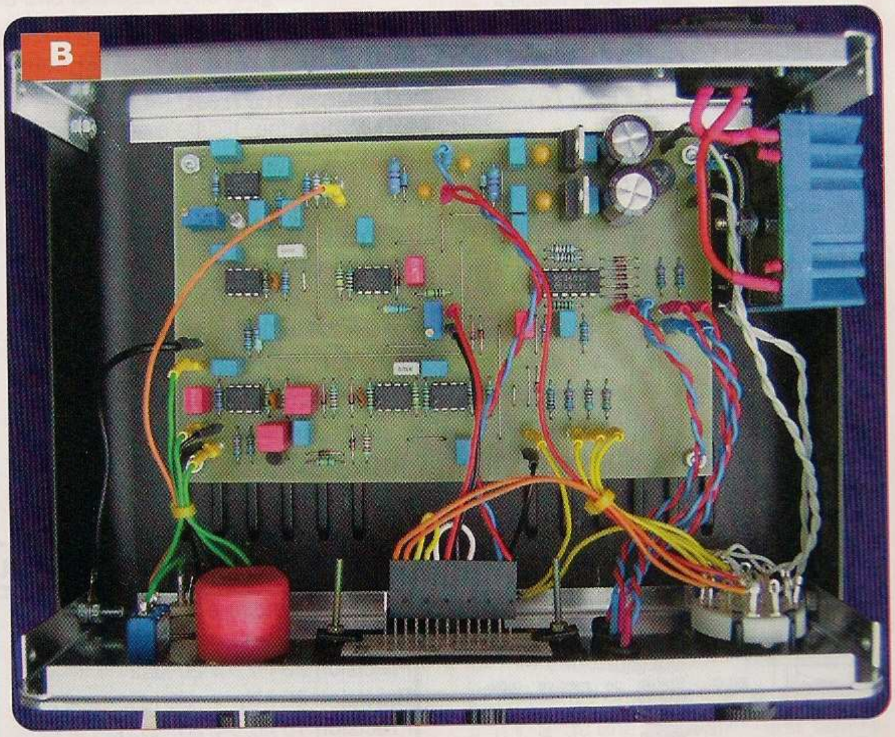
L'alimentation

Le circuit d'alimentation est simplifié au maximum. Nous avons besoin de deux tensions symétriques de ±24 Vdc et de ±5 Vdc pour l'afficheur.

A noter que le MC3403 (ou TL064) est alimenté en +24 Vdc.

Le transformateur est un «torique» de 3,2 VA, de consommation non mesurable à vide. C'est pourquoi il est connecté directement sur le 230 Vac, la mise sous tension se faisant au niveau du secondaire.

B



Mise en œuvre

La mécanique

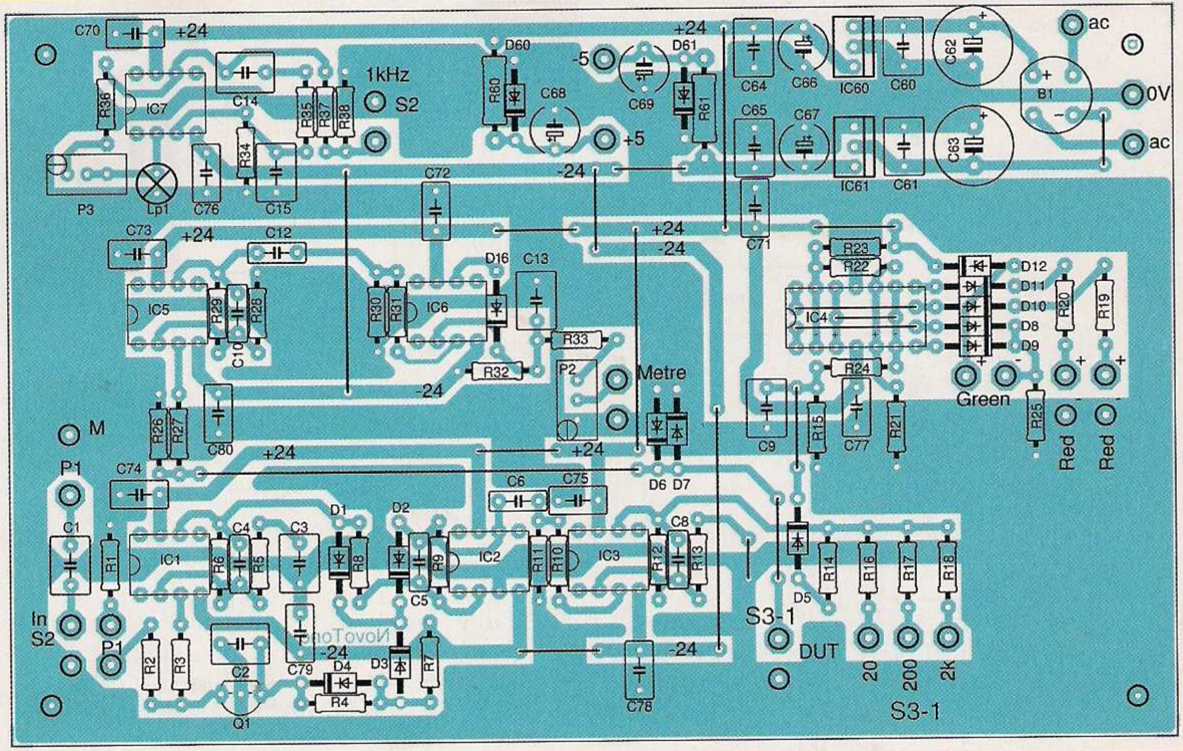
L'appareil est monté dans un boîtier aux dimensions de 200 x 150 x 70 mm.

La face avant, fournie par la société Schaeffer pour notre prototype, supporte tous les éléments de paramétrage.

Il y a lieu de percer la plaque de façade en aluminium fournie avec le boîtier, en se servant de la face sérigraphiée Schaeffer. La face avant Schaeffer sera maintenue contre cette plaque, par les divers éléments.

Les **photos A et B** vous serviront de guide pour la réalisation.

8


C70
+24
R36
IC7
C14
R35
R37
R38
1kHz
S2
R34
P3
Lp1
C76
C15
D60
R60
C68
-5
+5
C69
+24
D61
R61
C64
C66
IC60
C60
C62
C65
C67
IC61
C61
C63
B1
ac
0V
ac
C72
-24
C71
C73
+24
C12
IC5
R29
R28
C10
R30
R31
IC6
D16
C13
+24
-24
R23
R22
IC4
D12
D11
D10
D8
D9
R20
R19
R33
R32
P2
Metre
-24
R24
Green
R26
R27
C80
C9
R15
C77
R21
R25
M
P1
+24
+24
D6
D7
Red
Red
C74
C6
C75
C1
R1
IC1
C4
R6
R5
C3
D1
R8
D2
R9
IC2
R11
R10
IC3
C8
R12
R13
R14
R16
R17
R18
D5
In
S2
P1
R2
R3
C2
C79
-24
D4
D3
R4
R7
C5
Q1
C78
-24
S3-1
DUT
20
200
2K
S3-1

Nomenclature

• Condensateurs

C1, C9, C13 : 2,2 µF / 50 V / 5 mm
C2, C3 : 4,7 µF / 50 V / 5 mm
C4, C5, C8, C10 : 1 pF / 100 V / 5 mm
C6, C12 : 470 nF / 100 V / 5 mm
C14, C15 : 10 nF / 50 V / 5 mm / 2%
C60, C61, C64, C65, C70 à C80 : 1 µF / 50 V / 5 mm
C62, C63 : 470 µF / 50 V / 5 mm
C66, C67, C68, C69 : 10 µF / 35 V / 5 mm / Tantale
C7, C11 : non repris

• Semiconducteurs

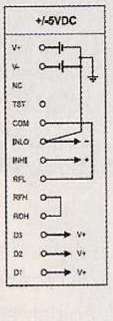
Q1 : BF245C
B1 : 200 V / 1A
D1, D2, D4 à D11, D16 : 1N4148
D3, D12 : zéner 6,2 V / 400 mW
D60, D61 : zéner 4,7 V / 400 mW
IC1, IC2, IC3, IC5, IC6, IC7 : OPA604
IC4 : MC3403 ou TL064
IC60 : 7824
IC61 : 7924

• Résistances

R1, R3, R8, R9, R10, R24, R31 : 10 kΩ / ½ W / 1%
R2, R18 : 220 kΩ / ½ W / 1%
R4 : 470 kΩ / ½ W / 1%
R5 : 4,7 kΩ / ½ W / 1%
R6, R11, R30, R33 : 1 MΩ / ½ W / 1%
R7, R13, R17 : 22 kΩ / ½ W / 1%
R12, R23, R27 : 100 kΩ / ½ W / 1%
R14 : 100 Ω / ½ W / 1%
R15, R32 : 10 MΩ / ½ W / 1%
R16, R19, R20, R25 : 2,2 kΩ / ½ W / 1%
R21 : 130 kΩ / ½ W / 1%
R22 : 1 kΩ / ½ W / 1%
R26 : 2,2 MΩ / ½ W / 1%
R28 : 3 kΩ / ½ W / 1%
R29 : 330 kΩ / ½ W / 1%
R34, R35 : 16 kΩ / ½ W / 1%
R36 : 470 Ω / ½ W / 1%
R37 : 18 kΩ / ½ W / 1%
R38 : 2,4 kΩ / ½ W / 1%
R60, R61 : 4,7 kΩ / 1 W / 5%

• Divers

LP1 : ampoule 24 V / 20 mA
P2 : 2 kΩ / 10T
P3 : 1 kΩ / 10T


+/-5VDC
V+
V-
NC
TST
COM
INLO
INHI
RFL
RFH
ROH
D3
D2
D1
-
+
V+
V+
V+

V+	Tension de service „+"
V-	Tension de service „-"
NC	non affecté
TST	Tension de service „-" pour Alimentation à 5 V
COM	Masse de référence analogique
INLO	Entrée de mesure (pôle négatif)
INHI	Entrée de mesure (pôle positif)
RFL	Entrée de référence „-"
RFH	Entrée de référence „+"
ROH	Sortie de référence
D3	Point décimal 1 xx.x
D2	Point décimal 1 x.xx
D1	Point décimal 1 .xxx

9

Caractéristiques Techniques

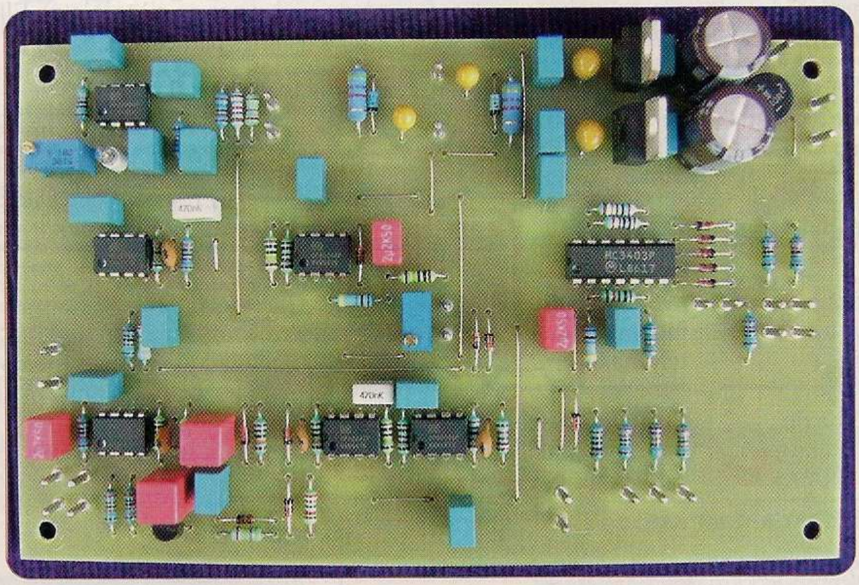
Gamme de mesure	20 - 200 - 2000 Ω
Gamme de fréquence	16 Hz → 32 kHz
Précision 20 Hz >< 20 kHz	<1% +/- 2 digit
Précision 20 kHz >< 32 kHz	<2% +/- 2 digit
Précision 16 Hz >< 20 Hz	<2% +/- 2 digit
Entrée oscillateur	0,8 >< 1,6 Vac
Stabilisation de l'amplitude	+/- 1 dB
Consommation	230 Vac - 14 mA - 3,2 VA
Dimensions	200 x 150 x 70 mm

La carte est fixée par quatre entretoises M3 / M-M, isolée de 5 mm du capot du fond, à 15 mm de la face arrière. La face arrière ne supporte que la seule prise «châssis» du secteur.

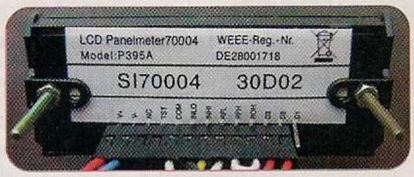
Le circuit imprimé

La carte mesure 148,5 x 93 mm (**figure 7**). Insérer, en premier lieu, les vingt six picots de 1,3 mm. Le reste du montage ne présente pas de difficulté, à condition d'utiliser les composants préconisés dans la nomenclature (**figure 8 et photo C**).

Il est préférable de tester la carte en dehors du boîtier. Pour ce faire, il faut



C



D

Nomenclature

NOMENCLATURE HORS CARTE

Boîtier : 200x150x70 mm (Conrad réf. 520403)
Face avant Schaeffer
Afficheur Voltcraft 70004
Socle connecteur
12 souliers de câble «dito»
D13 : led verte Ø 5 mm / 2 mA
D14, D15 : led rouge Ø 5 mm / 2 mA
P1 : 22 kΩ / Lin
S1 : interrupteur DPDT
S2 : interrupteur SPDT
S3 : commutateur 4C/3P
TR1 : transformateur 2 x 22 V / 3,2 VA
Bouton index axe 6 mm
Bouton index axe 6,35 mm
4 entretoises isolées de 5 mm / M3 / F-F
3 socles led Ø 5 mm
2 socles «plug» 4 mm
26 souliers de 1,3 mm
Socle BNC isolé
Socle secteur 1 A

raccorder le petit transformateur TR1. Vérifier la présence des tensions ±24 Vdc et ±4,7 Vdc.

Ajuster le potentiomètre P3, pour obtenir un signal de 1 Vac environ sur le picot (1 kHz).

Relier le picot (1 kHz) au picot d'entrée (R2). Vérifier que la tension sur le picot (20) fait bien 10 Vac environ. Placer une résistance de 16 Ω aux bornes des picots (DUT) et y relier le picot (20).

La tension aux bornes de la résistance de 16 Ω doit faire 72 mVac environ, pour 8 Vac en sortie de IC5.

Régler P2 pour obtenir une tension de +16 mVdc sur le picot (Mètre).

A ce stade, les valeurs mesurées ne sont pas critiques et seront réajustées après montage.

L'afficheur

Le 70004 de Voltcraft est raccordé, comme montré en **figure 9 et photo D**. Le point décimal D1 n'est pas utilisé. Le point D3 est raccordé au +4,7 Vdc pour la gamme (20) et le point D2 pour la gamme (2k). Il est préférable d'utiliser un connecteur à douze broches pour le raccordement. La broche 13 (D1) n'est pas raccordée.

Assemblage final

Après le placement de la carte dans le boîtier, relier les différents éléments aux picots et remettre sous tension.

En position (1 kHz) et le bouton du potentiomètre «Level» à mi-course, régler P3 (amplitude de l'oscillateur interne) pour illuminer la led verte. Vérifier, en tournant légèrement le bouton de part et d'autre du point milieu, que la led verte reste bien illuminée avant qu'elle ne s'éteigne au profit d'une des deux leds rouges.

Pour rappel, **la led verte est la référence de la mesure** et l'amplitude de l'oscillateur interne ou externe n'est pas critique. Elle s'établit entre 1 Vac et 1,5 Vac, mais doit, ensuite, rester constante.

Placer une résistance de 18 Ω, à 1% et régler P2 pour une lecture de [18.0] sur l'afficheur.

La masse de la carte (M) est reliée à la vis de fixation gauche de la face avant. Les trous de passage dans les deux capots doivent être dégagés de la peinture à l'aide d'un foret, de manière à assurer un bon contact électrique.

En l'absence de cette liaison, la carte doit être «flottante».

Utilisation

L'oscillateur interne générant le signal de fréquence 1 kHz est la référence utilisée la plupart du temps.

Avec l'oscillateur externe, il est possible de mesurer la variation de l'impédance en fonction de la fréquence.

Cet appareil permet, principalement, de mesurer l'impédance des haut-parleurs et des enceintes acoustiques. Vous constaterez, à l'usage, que l'impédance d'un haut-parleur varie en fonction de la fréquence, mais aussi en fonction des contraintes de son environnement.

Ainsi, la mesure diffère fortement si le haut-parleur repose sur son aimant ou s'il est retourné vers le plan de la table.

La fréquence de résonance est directement mesurable en faisant varier la fréquence de l'oscillateur externe.

L'impédance, à la fréquence de résonance, peut valoir dix fois l'impédance nominale. Ceci met en évidence l'importance de l'impédance interne des amplificateurs, qui doit être la plus faible possible. En effet, une faible impédance de sortie «écrase» la fréquence de résonance, au même titre qu'une enceinte bien amortie.

Et - in cauda venenum - pour abaisser l'impédance de sortie d'un amplificateur, il n'y a qu'une solution : une contre-réaction sérieuse et bien étudiée...

J.L. VANDERSLEYEN

Pour les données de fabrication, du circuit imprimé ou de quelque problème d'approvisionnement, n'hésitez pas à me contacter à l'adresse : jl.vandersleyen@skynet.be *ou via notre site* www.novotone.com